

**ESTUDO DE DIFERENTES ABORDAGENS SÓCIO-TÉCNICAS
SOBRE A GERAÇÃO TECNOLÓGICA: UM CASO COMPARATIVO
DA TECNOLOGIA DIGITAL DE CENTRAIS TELEFÔNICAS PÚBLICAS**

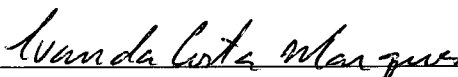
José Monserrat Neto

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

Aprovada por:



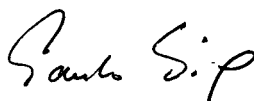
Prof. Lidia Micaela Segre, D.Sc.
(presidente)



Prof. Ivan da Costa Marques, Ph.D.



Prof. José Manoel Carvalho de Mello, Ph.D.



Prof. Paulo Bastos Tigre, Ph.D.



Prof. José Eduardo Cassiolato, Ph.D.



Prof. Carlos Machado de Freitas, D.Sc.

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

JULHO DE 1997

MONSERRAT NETO, JOSÉ

ESTUDO DE DIFERENTES ABORDAGENS
SÓCIO-TÉCNICAS SOBRE A GERAÇÃO
TECNOLÓGICA: UM CASO
COMPARATIVO DA TECNOLOGIA
DIGITAL DE CENTRAIS TELEFÔNICAS
PÚBLICAS [Rio de Janeiro] 1997

XIII, 325 p. 29,7 cm (COPPE/ UFRJ, D.Sc.,
Engenharia de Sistemas e Computação, 1997)

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, COPPE

1 - Ciência e Tecnologia 2 - Sociologia 3 -
Centrais Digitais de Telefonia 4 - Teoria
Sociológica 5 - Política Tecnológica

I. COPPE/ UFRJ

II. Título (Série)

Aos meus queridos pais
(Papa e Mama)

Às minhas queridas meninas
(Gina e Marie)

Agradecimentos

O homem é um perguntador insaciável. E cada resposta, ao longo de sua vida, ao mesmo tempo o gratifica e instiga.

Ele se sabe mais homem sempre que descobre, mesmo que seja uma simples centelha; sempre que inventa, mesmo que seja apenas um atalho; sempre que acrescenta, mesmo que seja só uma semente.

Mas os caminhos da ciência, como os da vida, ninguém os faz sozinho.

O tempo consumido na construção de uma tese é marcado por encontros e desencontros que acabam por desenhar um caminho estranhamente sinuoso. São inúmeras as pessoas, são diferentes organizações, somando contribuições, maiores ou menores, de um jeito ou de outro, inestimáveis todas, para que se chegue ao termo.

É justo e oportuno, portanto, agradecer aqui:

aos meus pais, a cuja sombra tudo começou, inclusive a sedução pela vida acadêmica; a eles devo vida e carinho, o amor sempre tão presente; à “professora Ruth”, também as correções quando eu tropeçava no vernáculo; ao “jornalista Monserrat”, também as orientações para que eu escrevesse com simplicidade e clareza; a ambos, principalmente, pelo apoio nos momentos difíceis; a a toda família que acompanhou com ansiedade;

aos meus amigos e colegas da Engenharia Química, da graduação e do mestrado: eles compartilharam comigo os momentos de indecisão até optar pela área “Informática e Sociedade” da Engenharia de Sistemas da COPPE; cabe um destaque para Flávio e Bernardo, amigos de longa data, muito irmãos;

à minha orientadora, professora Lidia Segre, de modo muitíssimo especial, pelo apoio, pela orientação, pela amizade. A liberdade que ela me deu para explorar novos campos, foi, com certeza, um dos aspectos mais positivos de sua orientação, mesmo que, e principalmente porque, ao desafio, sempre correspondeu uma criteriosa cobrança de resultados posteriormente;

aos companheiros de curso, aos professores e aos funcionários da Engenharia de Sistemas, pela amizade e convivência cordial;

ao CNPq, pela bolsa de pesquisa, esteio na realização deste trabalho, inclusive pelo privilégio de aprimoramento no exterior (bolsa “sanduíche”), na Universidade de Edimburgo, durante dezoito meses;

ao professor Robin Williams, particularmente, pelas orientações, pela amizade e, até mesmo, por sua paciência com meu inglês ‘macarrônico’. Suas críticas e sugestões foram fundamentais para a realização de minhas pesquisas; aos companheiros de curso, colegas, professores e funcionários da Universidade de Edimburgo pela solidariedade. Ressalto as aulas de David Bloor e as proveitosas trocas de idéias com David Edge and John Holmwood;

aos meus dois amigos da Escócia, em especial: ao Derek, escocês, anarquista e infatigável palrador; ao Mark, inglês sentimental e professor por vocação. Foram eles meus interlocutores de plantão em Edimburgo, fosse em intermináveis discussões teóricas, fosse no dia-a-dia, nos almoços, nos cafezinhos, nas ruas, nos “pubs”, nos imemoráveis porres de fim de semana;

a minha Regina, galante e simpática filóloga alemã com quem esbarrei gostosamente em Edimburgo e que se tornou minha esposa alguns meses depois, minha doce e firme retaguarda;

ao professor Alfonso Molina, pelo acesso ao material coletado por ele sobre as tecnologias “AXE-10” sueca e “System X” britânica, tanto quanto por suas sugestões para utilizá-las de maneira mais objetiva;

ao professor John Law, pelos ótimos seminários do ‘Curso de Verão na Holanda’, “Ciência, Tecnologia e Pós-Modernismo”, em setembro de 1994; e a tantos companheiros de curso cujos nomes já se dissipam no tempo;

aos pais de minha mulher, Ingrid e Eckhard, aos meus pais, à Lidia e ao CNPq, quando precisei interromper meu trabalho de tese, no Brasil, durante seis meses, para ficar ao lado da minha esposa até o nascimento de Marie-Louise. Sua compreensão e seu apoio foram decisivos para que, no meu céu sem nuvens, eu pudesse apreciar o surgimento da mais bonita de todas as estrelas;

a Wendy, Stefan e Krücken, pela mão forte que me deram durante o “Workshop Ciência, Tecnologia e Teoria Social”, em maio de 1995, em Bielefeld, Alemanha;

ao Josmar, meu amigo analista, em especial, porque nossos papos foram mais que um estímulo para que eu me decidisse a concluir este trabalho, sem esquecer sua revisão e seus palpites na hora de eu escrever este Agradecimentos;

aos organizadores do Fórum “Americas Telecom 96”, pela oportunidade, em junho de 1996, de obter um precioso material sobre telecomunicações e de travar os primeiros contatos com integrantes do centro de pesquisas da Telebrás (CPqD);

ao CPqD, pela gentileza de me permitir a utilização de sua biblioteca, facilitando-me o levantamento de material bibliográfico sobre a tecnologia “Trópico”; aos engenheiros e cientistas do CPqD, particularmente, que se dispuseram a enfrentar longas entrevistas e a me descrever o projeto brasileiro;

ao professor Ivan Marques e ao amigo Jaime, pela leitura crítica da tese, ou de parte dela, quando ainda em desenvolvimento. Nossas compridas e proveitosas conversas, suas objeções, dúvidas e sugestões, indo até ao detalhe, até as vírgulas, têm muito a ver com a forma final desta dissertação;

e à Marie-Louise, mais uma vez, por ter escolhido ser minha filha nesse período, assim, do jeito que ela é...

Resumo da Tese apresentada à COPPE/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

**ESTUDO DE DIFERENTES ABORDAGENS SÓCIO-TÉCNICAS
SOBRE A GERAÇÃO TECNOLÓGICA: UM CASO COMPARATIVO
DA TECNOLOGIA DIGITAL DE CENTRAIS TELEFÔNICAS PÚBLICAS**

José Monserrat Neto

Junho, 1997

Orientadora: Lidia Micaela Segre (D.Sc.)

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho realiza um exame dos vários enfoques de análise da geração tecnológica, calcado em estudo comparativo de casos, a saber, o das tecnologias digitais de centrais públicas de telefonia, criadas na Suécia, no Reino Unido e no Brasil.

A tese examina os enfoques da 'Moldagem Social da Tecnologia' discutindo suas características e fragilidades. A partir da análise de dois tipos principais de enfoques, os 'externalistas' e os 'internalistas', propõe-se uma alternativa, que procura integrar as duas perspectivas. Baseia-se em idéias do campo da teoria sociológica, como a redefinição dos níveis 'micro' e 'macro', as três dimensões das interações sociais e a generalização da divisão das regras da produção econômica para outras esferas sociais.

A proposta analisa a geração tecnológica articulando as relações hierarquizadas entre as esferas condicionantes e os agentes participantes, com suas estratégias na condução desse processo. Identifica-se pelo menos três esferas decisivas: a científica, a econômica e a política. No processo interativo, em que essas esferas sociais se reproduzem/transformam continuamente, a análise examina o papel das contradições estruturais nas percepções e estratégias dos agentes. Argumenta-se que estes estão num 'jogo duplo', procurando incorporar as *demandas sociais* à tecnologia (de acordo com as *possibilidades técnicas*) e, também, 'recriá-las', ao alterá-las, à medida que soluções são improvisadas e negociadas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/ UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

**A STUDY OF DIFFERENT SOCIO-TECHNICAL APPROACHES OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT: A COMPARATIVE CASE STUDY
OF PUBLIC DIGITAL SWITCHING SYSTEM TECHNOLOGY**

José Monserrat Neto

June, 1997

Supervisor: Lidia Micaela Segre (D.Sc.)

Department: System and Computer Engineering

This thesis examines a number of the different approaches to the study of technological development, using a comparative case study of public digital switching system technologies in Sweden, United Kingdom and Brazil.

This work examines various approaches within the Social Shaping of Technology field, discussing their features and weaknesses. From the analysis of two main types of approaches, 'externalist' and the 'internalist', an alternative is proposed which attempts to integrate both ones. This is based on ideas drawn from sociological theory such as redefinition of 'macro' and 'micro' levels, three dimensions of social interactions, and generalisation of the economic production rules division into other social spheres.

The proposed approach analyses the process of technological development in terms of hierarchical relations between spheres and their agents, and of the initiatives adopted in governing this process. At least three important spheres are identified: the scientific, the economic and the political. In the interactive process, in which social spheres and their relations are continuously reproduced/ transformed, the analysis examines the role of structural contradictions in the perceptions and strategies of agents. It is argued the agents are in a 'double game', seeking to embed *social demands* into technology (according to *technical possibilities*), and also to 'recreate' them, in that they alter them as solutions are negotiated and improvised.

Índice

Introdução	1
1ª Parte: <u>A Moldagem Social da Tecnologia</u>	9
<u>Capítulo I - Visão Geral da Moldagem Social da Tecnologia</u>	
I.1 - Introdução	14
I.2 - Tecnologia: seus significados e efeitos	15
I.3 - Fatores que influenciam a moldagem da tecnologia	21
I.3.a - Ciência	21
I.3.b - Tecnologia	22
I.3.c - Economia	24
I.3.d - Ambiente social	27
I.4 - Modelo interativo da moldagem social da tecnologia	33
I.5 - Origens da moldagem social da tecnologia e seus principais enfoques	35
I.5.a - Sociologia do conhecimento científico	36
I.5.b - Sociologia das organizações industriais	38
I.5.c - Estudos críticos de política tecnológica	41
I.5.d - Economia da mudança tecnológica	42
I.6 - Conclusão	45
<u>Capítulo II - Análise dos Enfoques da Moldagem Social da Tecnologia</u>	
II.1 - Introdução	46
II.2 - Alguns dilemas teóricos da moldagem social da tecnologia	47
II.3 - A questão da ordenação dos fatores sociais e técnicos	52
II.4 - Limitações da perspectiva ‘externalista’	55
II.4.a - A emergência e a difusão da produção de massa	57

II.4.b - O processo de automação e o interesse dos poderosos	60
II.4.c - O processo de automação e a negociação nas fábricas	62
II.5 - Limitações da perspectiva 'internalista'	64
II.5.a - Nova sociologia da tecnologia	65
II.5.b - Três estágios da história da ciência e da tecnologia	68
II.5.c - O caso do carro elétrico francês	72
II.5.d - Limitações da abordagem de rede	75
II.5.e - O caso do caça aéreo britânico	78
II.5.f - Tecno-centrismo das abordagens 'internalistas'	84
II.5.g - Algumas conclusões sobre a perspectiva 'internalista'	89
II.6 - O meio termo entre as duas perspectivas	90

Capítulo III - Discussão para a Proposta de uma Abordagem Alternativa

III.1 - Introdução	93
III.2 - A questão da configuração recíproca entre o 'técnico' e o 'social'	97
III.3 - Descendo do geral para o particular	102
III.3.a - As três dimensões das regras sociais das interações humanas	103
III.3.b - Redefinindo a distinção entre 'micro' e 'macro'	106
III.3.c - Revendo o significado da distinção entre 'externo' e 'interno'	110
III.3.c.1 - Dois níveis para visualizar a relação entre 'estrutura' e 'ação'	111
III.3.c.2 - O nível paradigmático	112
III.3.c.3 - O nível sintagmático	114
III.3.c.4 - O papel variável dos agentes da inovação	114
III.3.d - Conceituando explicitamente a 'hierarquia social'	118
III.4 - Descendo do abstrato para o concreto	119
III.4.a - As atividades humanas e suas regras sociais	120
III.4.b - Repensando a divisão marxista das regras da 'produção econômica'	122
III.4.c - A contribuição variável das esferas sociais na geração tecnológica	130
III.4.d - As contradições estruturais	132
III.4.e - Combinando as perspectivas 'externalista' e 'internalista'	136
III.5 - Idéias principais da abordagem alternativa	139
III.5.a - Os passos de uma análise de acordo com a abordagem proposta	143

2ª Parte: Os Sistemas Digitais de Telefonia criados no Reino Unido, Suécia e Brasil 146

Capítulo IV - Uma Abordagem ‘Externalista’: os Fatores Sociais e Técnicos

IV.1 - Introdução	153
IV.2 - Fatores históricos	154
IV.2.a - História da telefonia britânica	154
IV.2.b - História da telefonia sueca	160
IV.2.c - História da telefonia brasileira	165
IV.3 - Características dos três sistemas digitais	169
IV.4 - O avanço científico e técnico	175
IV.5 - O papel da ‘tecnologia existente’	177
IV.5.a - As técnicas no Reino Unido	179
IV.5.b - As técnicas na Suécia	180
IV.5.c - As técnicas no Brasil	181
IV.6 - Fatores sociais	182
IV.7 - Fatores econômicos	183
IV.7.a - Na Suécia	184
IV.7.b - No Reino Unido	187
IV.7.c - No Brasil	188
IV.8 - Fatores políticos	189
IV.9 - Fatores trabalhistas	192
IV.10 - Fatores organizacionais	195
IV.11 - Outros fatores	197
IV.12 - Algumas conclusões	197

Capítulo V - Um Enfoque ‘Internalista’: as Estratégias dos Atores da Inovação

V.1 - Introdução	200
V.2 - A criação do sistema digital no Reino Unido	203
V.2.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos	203
V.2.b - O nascimento do projeto e a fundação do grupo de desenvolvimento	207

V.2.c - Disputas sobre as definições cruciais do projeto	211
V.2.d - Problemas no desenvolvimento do novo sistema	213
V.2.e - Mudanças decisivas na condução do projeto	216
V.2.f - Finalização do novo sistema e sua comercialização	219
V.3 - A criação do sistema digital na Suécia	220
V.3.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos	221
V.3.b - O nascimento do novo projeto e a fundação da Ellemtel	223
V.3.c - O sinal verde para o início oficial do projeto	226
V.3.d - O rápido desenvolvimento do novo sistema	227
V.3.e - A estratégia de lançamento do novo sistema e as primeiras vendas	231
V.4 - A criação do sistema digital no Brasil	232
V.4.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos	232
V.4.b - O nascimento do projeto e a fundação do CPqD	233
V.4.c - Problemas do projeto na primeira tentativa	236
V.4.d - Mudanças no projeto e a estratégia gradualista	238
V.4.e - A etapa mais ambiciosa do projeto: o Trópico RA	241
V.4.f - Resultados do projeto e sua comercialização	242
V.5 - Algumas conclusões	244

Capítulo VI - Uma Abordagem Alternativa: Combinando as Duas Perspectivas

VI.1 - Introdução	247
VI.2 - As condições de existência dos três projetos	247
VI.3 - O contexto estruturado dos três projetos	252
VI.3.a - O porque das diferentes iniciativas	253
VI.3.b - A esfera econômica	255
VI.3.c - A esfera política	261
VI.3.d - A esfera científica	264
VI.3.e - As contradições estruturais	268
VI.4 - As estratégias dos agentes da inovação dos três projetos	271
VI.4.a - O nascimento dos projetos	272
VI.4.b - A formação dos grupos de desenvolvimento dos projetos	278
VI.4.c - O desenvolvimento dos projetos	281

VI.4.d - Os resultados finais dos projetos	292
VI.5 - Conclusões	295
VI.5.a - Balanço dos três casos: ganhadores e perdedores	297
Conclusão	
1 - Conclusões Gerais	300
2 - Comentários finais	311
Bibliografia	313

Lista de Símbolos e Abreviações

- AEI – Associated Electrical Industries (empresa britânica)
- AKE – Família de equipamentos de telefonia com chave ‘crossbar’ (suecos)
- AGSD – Advisory Group for Specification Design (grupo consultor para a definição de especificações - britânico)
- ARE – Família de equipamentos de telefonia com chave ‘crossbar’ e ‘SPC’ (suecos)
- ATE – Automatic Telephone & Electric (empresa britânica)
- BPO – British Post Office (Correio Britânico)
- CCITT – Consultive Committee for International Telegraph and Telephone
- CHILL – CCITT High Level Language (linguagem de alto nível para equipamentos de telefonia - padrão internacional)
- CPA-E – Central Telefônica Espacial Controlada por Programa Armazenado (sistema híbrido)
- CPA-T – Central Telefônica Temporal Controlada por Programa Armazenado (sistema digital)
- CPqD – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás ‘Padre Landell de Moura’
- Crossbar – Chave telefônica em forma de ‘barras cruzadas’
- Crosspoint – Chave telefônica por meio de ‘pontos cruzados’
- GEC – General Electric Company (empresa britânica)
- GPT – GEC and Plessey Telecommunication (empresa britânica)
- ISDN – Integrated Services Digital Networks (Redes Digitais de Serviços Integrados - RDSI)
- ITU – International Telecommunication Union
- JERC – Joint Electronic Research Committee (comitê conjunto de pesquisa eletrônica - britânico)
- PAM – Pulse Amplitude Modulation (modulação por amplitude de pulso - técnica eletrônica mas não digital de comutação)

- PCM – Pulse Code Modulation (modulação por código de pulso - técnica digital de comutação)
- PLEX – Programming Language for Exchanges (linguagem de programação para equipamentos de telefonia - sueco)
- PTO – Public Telephone Operator (companhia telefônica estatal)
- Reed-relay – Chave telefônica eletromagnética
- SCC – Sociologia do Conhecimento Científico
- SCOT – Social Construction of Technology
- SESA – Standard Eletrônica SA (empresa brasileira subsidiária da ITT)
- SPC – Storage Program Control (controle eletrônico por programa armazenado)
- STC – Standard Telephone Cables (empresa britânica)
- Strowger – Chave telefônica mecânica inventada por Strowger (sistema ‘passo-a-passo’)
- TDM – Time Division Multiplexing (técnica digital de transmissão)
- TXE – Família de equipamentos de telefonia com chave ‘reed-relay’ (britânico)
- TXK – Família de equipamentos de telefonia com chave ‘crossbar’ (britânico)

Introdução

Neste final de século testemunhamos um período de grandes avanços científicos e tecnológicos, que ocorrem a um ritmo vertiginoso, jamais visto anteriormente. Ao mesmo tempo em que nos maravilhamos com as novas tecnologias e com muitos de seus empregos, por outro lado, infelizmente, também nos horrorizamos com os resultados globais e com o caráter predatório, irracional e excessivamente comercial de sua utilização. Cristovam Buarque relata uma pequena história, em seu livro 'A Cortina de Ouro – Os sustos do final de século e um sonho para o próximo', que ilustra bem essa situação paradoxal a que chegamos hoje: “Em 1993, o mundo se assustou com uma foto de Kevin Carter, divulgada pela mídia, mostrando uma menina da Somália, agachada, morrendo ao lado de um urubu que esperava o momento de se apropriar do cadáver. Qualquer homem do começo do século se assustaria com os equipamentos fotográficos de Kevin Carter e ainda com o fato de a foto ter aparecido simultânea e instantaneamente em todas as partes do mundo. Mas o susto seria sobretudo com a própria realidade fotografada. Há cem anos, ninguém imaginaria que a humanidade, dispondo de tais equipamentos, estaria ainda submetida a tal fome e degradação.” (Buarque, 1995, p36).

O progresso tecnológico, portanto, nunca esteve tão adiantado como agora em relação à resolução das necessidades humanas básicas, a saber, a fome, a saúde, a habitação, o emprego, a paz, etc, que afligem vastas porções da população mundial – os excluídos da sociedade tecnológica. Essa situação contraditória nos obriga a uma reflexão profunda sobre as características desse progresso. Por que será que ele não atende a um número maior de pessoas? Por que não somos capazes de organizar melhor a sociedade e atender aos anseios pelas demandas sociais básicas? Creio que, mesmo sem respostas prontas para essas e outras questões similares, já não é mais possível imaginar que os gigantescos avanços na área científica e tecnológica não possam e não devam contribuir

para resolver tão graves problemas sociais. O presente trabalho é movido pela firme convicção de que todo o desmedido progresso tecnológico que estamos presenciando e do qual, por vezes, até participando, pode e deve beneficiar um maior número de pessoas em todo o mundo.

Tendo como pano de fundo essa realidade, o objetivo desta tese é tentar avançar no entendimento do processo de geração tecnológica e de suas relações com as transformações sociais. Espero com isso poder fornecer subsídios para uma reflexão mais ampla sobre o atual desenvolvimento tecnológico. Espero, ainda, que uma reflexão desse tipo possa contribuir para reorientar as mudanças tecnológicas numa direção mais humanista.

Uma das particularidades do progresso atual é o caráter predominantemente econômico das iniciativas. As atividades relativas ao mercado, com suas regras, atores e jogos, parecem se apoderar de todas as outras atividades sociais, na medida em que as lógicas de funcionamento destas se tornam cada vez mais ditadas pela lógica daquelas. Ou seja, o progresso tecnológico está fortemente associado à dinâmica do mercado. Além disso, sua lógica é legitimada pelo discurso do ‘avanço inexorável da ciência e da tecnologia’, utilizando-se argumentos ‘técnicos’ para fundamentar escolhas ‘econômicas’ e ‘sociais’ excludentes, e, assim, justificar “os impactos negativos da ciência e da tecnologia” sobre os segmentos mais vulneráveis da sociedade. Intuitivamente, percebemos que pelo menos uma das causas do seu caráter contraditório está no fato da dinâmica do mercado dominar, em larga medida, a iniciativa e a condução da geração tecnológica. Entre incontáveis questões que tal hipótese inicial suscita, uma delas, a que tento explorar neste trabalho, é a questão da autonomia relativa dos diferentes tipos de atividades sociais que os homens exercem na sociedade. Creio que é através da análise dessa autonomia relativa das diversas esferas de atividades sociais que se poderá elucidar como ocorre a sobreposição da lógica de uma dada atividade social sobre as outras, e a partir daí vislumbrar, analisar e propor possíveis caminhos para reverter tal sobreposição. Em termos mais concretos, o mercado capitalista fornece, sem sombra de dúvida, inesgotável fonte de inspiração para a iniciativa e a geração de novas tecnologias, que não deve ser menosprezada; porém, se

sua lógica de funcionamento estiver “liberada”, como na atual situação – em particular neste momento em que há uma ‘globalização’ do mercado – ele com certeza também será fonte inesgotável de irracionalidades.

Na busca de um melhor entendimento da geração tecnológica subjacente ao atual “progresso tecnológico” procuro analisar criticamente diversas idéias, conceitos e ferramentas analíticas que são empregados para visualizar tanto o processo de desenvolvimento científico e técnico quanto o das transformações sociais, bem como suas relações e influências recíprocas. Nesse sentido, minha pesquisa se beneficia de duas fontes principais. A primeira delas é o campo específico de estudos em que se analisam conjuntamente os processos sociais e técnicos - o da ‘Moldagem Social da Tecnologia’ (Social Shaping of Technology)¹ -, sobre o qual tive a excelente oportunidade de me aprofundar no período em que estive no ‘Centro de Pesquisas de Ciências Sociais’, Universidade de Edimburgo, Escócia, ao realizar parte do doutorado “sanduíche”², sob supervisão do professor Robin Williams. Estudos nessa área revelam que a geração tecnológica não envolve apenas aspectos estritamente técnicos. Ela se define, acima de tudo, como processo intrinsecamente social, na medida em que os agentes da inovação – cientistas, engenheiros, gerentes, etc – estão inseridos na sociedade, trocando influências diversas com ela. Desse modo, a geração tecnológica é vista como processo essencialmente interativo e dinâmico, em que causas e efeitos estão relacionados de forma complexa. Grande quantidade de estudos de caso nesta área demonstram claramente o caráter interativo das influências entre a sociedade e a tecnologia.

Essa rica fonte de referência tem-se defrontado, no entanto, com certas limitações e dilemas oriundos, em grande medida, das ciências sociais. Entre tais dilemas estão a distinção entre os níveis de análise ‘macro’ e ‘micro’, bem como a importância relativa entre, de um lado, o papel ‘objetivo’ das estruturas sociais mais

¹ Optei pela tradução ‘moldagem’ porque traduz bem a *relativa* maleabilidade da tecnologia nascente ou não implementada aos fatores sociais. O termo ‘modelagem’ não foi empregado para evitar qualquer conotação com modelo ou com desenvolvimento que atinge um modelo de tecnologia.

² Agradeço uma vez mais ao CNPq pelo apoio fundamental com que fui privilegiado durante um ano e meio, de outubro de 1993 a março de 1995.

amplas e, de outro, a ação ‘subjéitiva’ dos agentes locais da inovação. Para lidar com algumas dessas questões de teoria social, subjacentes ao campo de estudo da Moldagem Social da Tecnologia, busquei inspiração nos trabalhos de Nicos Mouzelis (1990, 1991, 1995), minha segunda principal fonte. Esse sociólogo de nacionalidade grega, radicado no Reino Unido, faz uma análise extremamente clara e convincente sobre os vários impasses da teoria sociológica atual, examinando idéias e conceitos dos grandes mestres das ciências sociais - Marx, Weber, Merton, Parsons, Bourdieu, Giddens, Elias, Habermas, entre outros. Uma das características dos trabalhos de Mouzelis é o propósito explícito de não propor teorias sociais grandiosas e universais, e sim de concentrar a atenção na elucidação de conceitos sociológicos, fartamente utilizados nos muitos “departamentos” das ciências sociais, que permitam a resolução dos dilemas das análises sociais.

Uma das idéias mais férteis de Mouzelis, que merece destaque nesta introdução e não por acaso se encontra no cerne da tese, é a de transpor a divisão analítica das regras da produção econômica, emprestada ao marxismo, para outras esferas de atividades sociais, como a política e a cultural. Neste trabalho, procuro aplicá-la especificamente à esfera científica/ tecnológica. De maneira sucinta, trata-se do seguinte: em todos os diferentes tipos de atividades sociais podemos encontrar, entre outros, três tipos de regras sociais – as relativas às ‘técnicas de produção’ da atividade específica da esfera, as relacionadas com as ‘formas de apropriação’ dessas técnicas de produção e, por fim, as referentes à “justificação ou legitimação” da forma de apropriação utilizada. Quando uma dada apropriação resulta em desigualdade, sua justificação costuma aparecer sob a forma de ‘distorção’ da realidade, de modo a legitimar a desigualdade existente.

A generalização dessa divisão para a “produção social” da realidade social e técnica permite obter dois resultados muito positivos: um, que decorre da indiscutível capacidade da análise histórica do marxismo e correntes a ele relacionadas, é o de estabelecer nexos claros entre as contradições do sistema social – impelidas por agentes sociais que se encontram no centro das contradições – e sua transformação histórica; o outro é o de evitar sua maior fragilidade, a de derivar todo o processo de transformação social, em última instância, das contradições e agentes da esfera da produção econômica

(mais especificamente, da contradição entre, de um lado, a apropriação ‘privada’ dos meios de produção e dos seus frutos pelos capitalistas, e, de outro, o caráter ‘socializado’ do trabalho executado pelos trabalhadores).

O que se propõe é visualizar as contradições estruturais como “catalisadores” de processos de transformação da realidade, na medida em que, ao provocarem conflitos ou mau funcionamento, essas contradições propiciam a cada momento a emergência de novas reflexões sobre as regras da situação vigente e novas estratégias para sua transformação.

Dessa maneira, a análise permite realizar um estudo histórico das contradições estruturais e das reações dos agentes em dada geração tecnológica que, apesar de similar à análise marxista, evita seu ‘economicismo’. Em termos simplificados, as atividades sociais que se desenvolvem na sociedade não se resumem às da produção econômica. Existem diversas outras atividades, como as relacionadas com a “produção política”, com a produção científica, com a produção cultural, com a produção jurídica, etc, todas elas dispondo de regras próprias e de certo grau de autonomia. Para poder afirmar isso, no entanto, não basta declarar a relativa autonomia do político ou da cultura, é preciso ter instrumentos conceituais que permitam ao pesquisador concebê-la analiticamente. Foi isso que Mouzelis procurou fazer ao generalizar a divisão das regras da produção econômica para outras esferas de atividades sociais.

Creio que essa concepção, integrada a algumas outras idéias e conceitos, permite resolver, pelo menos parcialmente, alguns dos impasses das análises realizadas no campo da Moldagem Social da Tecnologia. Para mostrar e testar concretamente tais idéias, faço uma comparação transnacional entre três tecnologias digitais de centrais telefônicas públicas, projetadas e desenvolvidas durante as décadas de 70 e 80 no Reino Unido, na Suécia e no Brasil, respectivamente, o ‘System X’, o ‘AXE-10’ e o ‘Trópico’.

A sequência de exposição do material da tese é a seguinte: na 1ª Parte, dividida em três capítulos, discuto os métodos de análise – as abordagens ou enfoques – relacionados com a Moldagem Social da Tecnologia. No Capítulo I, examino suas idéias

principais, recorrendo a exemplos didáticos e ilustrativos, o que confere ao capítulo um caráter de revisão bibliográfica da área. No segundo capítulo, analiso criticamente suas correntes e alguns dilemas teóricos, examinando mais detidamente dois tipos principais de enfoques, denominados ‘externalistas’ e ‘internalistas’. No Capítulo III, prossigo o exame crítico, desenvolvendo agora uma proposta – a abordagem alternativa – em que combino os dois tipos de perspectivas, procurando aproveitar suas contribuições positivas e evitar suas fragilidades mais evidentes, à luz das idéias de Mouzelis. Procuro mostrar que as duas perspectivas não são excludentes e sim complementares, desde que alguns de seus conceitos e hipóteses sejam revistos e modificados. Tento explicar, finalmente, o papel das contradições estruturais na análise de situações históricas em que se torna imprescindível a passagem de uma perspectiva para outra.

Na 2ª Parte, também composta por três capítulos, realizo um “teste prático” da abordagem alternativa. Para que esse teste tenha maior validade, procedo a uma comparação entre três casos históricos relativos ao Reino Unido, à Suécia e ao Brasil, empregando três abordagens diferentes. No Capítulo IV utilizo uma abordagem ‘externalista’, pela qual, grosso modo, o contexto social é preponderante na determinação da ação dos agentes e dos resultados finais. No Capítulo V emprego um enfoque ‘internalista’, pelo qual, em contraste, são as iniciativas e estratégias dos atores da inovação que aparecem em primeiro plano na análise. Por último, no Capítulo VI, utilizo a abordagem alternativa proposta neste trabalho, pela qual o contexto hierarquizado e suas contradições estabelecem dinamicamente o “capital” de negociação dos agentes da inovação e estes, em situações históricas específicas, refletem sobre o contexto, armando e re-armando estratégias para negociar seus projetos tecnológicos e, ao mesmo tempo, melhorar suas posições na hierarquia social das atividades que exercem e das organizações em que atuam.

A escolha dessa tecnologia – a de centrais telefônicas públicas digitais – tem dois motivos principais. O primeiro é que ela permite contrastar com grande nitidez as diferenças entre as três abordagens de análise. Trata-se de uma tecnologia já amplamente desenvolvida nos três países, o que possibilita o exame de sua história técnica e social retrospectivamente, de maneira mais ou menos distanciada. O fato dos

três sistemas terem sido criados em países diferentes, com histórias e culturas diversas, é crucial para tornar mais efetiva a comparação entre as abordagens. Além disso, o tempo médio de geração dessa tecnologia, que é elevado, da ordem de 10 anos, possibilita um exame mais apurado dos diversos aspectos envolvidos no seu desenvolvimento, desde a fase da concepção até a da implementação e comercialização. Por último, por ser uma tecnologia específica – central pública de telefonia – ela permite que a análise tenha um começo, meio e fim mais bem delimitados no tempo. Este aspecto é mais difícil de ser percebido e definido em outras tecnologias, como a de computadores pessoais por exemplo, em que há sempre uma nova versão, ligeiramente aprimorada em relação à anterior.

O segundo motivo, não menos importante, foi a inesperada e excelente oportunidade que tive (a dimensão *situacional*, nos termos do que será visto no Capítulo III), por oferta do professor Alfonso Molina, também da Universidade de Edimburgo, de utilizar extenso material, por ele coligido e aproveitado apenas parcialmente, sobre os sistemas digitais de telefonia desenvolvidos na Suécia e no Reino Unido – entrevistas com cientistas, engenheiros e gerentes, livros, artigos de jornais e revistas, brochuras de propaganda e relatórios oficiais de governo. Seu artigo, “O desenvolvimento de centrais telefônicas públicas no Reino Unido e na Suécia: o peso da história” (Molina, 1990), serviu-me como ponto de partida da análise dos casos sueco e britânico. A esses dois casos juntei e examinei o material sobre a tecnologia brasileira.

O material total utilizado é constituído por livros, relatórios, teses, artigos de periódicos, revistas e jornais, brochuras de propaganda, manuais, além de entrevistas com engenheiros, gerentes e cientistas que participaram dos três projetos. Nos casos britânico e sueco, as entrevistas já estavam, por sorte, todas transcritas em papel. No caso brasileiro, ressalto a importância para a tese que tiveram a) o Fórum ‘Americas TELECOM 96’, promovido pela ITU (International Telecommunication Union) e realizado no Rio de Janeiro, em junho de 1996, que me possibilitou amplo acesso a inúmeras referências e contatos pessoais; b) a colaboração do CPqD (Centro de Pesquisas da Telebrás), que me permitiu o acesso a sua preciosa biblioteca particular,

da geração da tecnologia brasileira. Agradeço aqui mais uma vez a preciosa colaboração do CPqD.

Com a análise dos três casos históricos e a comparação entre as três abordagens de casos, procuro desenvolver as seguintes idéias ou argumentos: a) o processo de geração tecnológica *deve* contribuir para ajudar os homens a resolver os graves problemas sociais; b) o tipo de abordagem e as ferramentas de análise utilizadas no exame da geração tecnológica denuncia o tipo de preocupação dos analistas com relação aos problemas de sua época c) há necessidade de maior intercâmbio entre o campo dos 'Estudos de Ciência e Tecnologia' e o das 'Ciências Sociais'; d) a sociedade e a tecnologia são resultados da ação recíproca entre os homens, mediada por suas estruturas sociais e técnicas; e) há forte interdependência entre as diversas atividades sociais (econômicas, políticas, científicas, religiosas, etc), porém elas podem ser, até certo ponto, relativamente autônomas; f) devido ao fato dos homens terem acessos variáveis aos meios de produção social (econômica, política, científica, etc), eles participam, contribuem e se beneficiam também de modo variável dessa produção; g) o conceito de *hierarquia social* é sumamente importante para o entendimento do acesso diferenciado aos meios de produção social e, por consequência, do processo de moldagem da tecnologia, em particular, e da reprodução e transformação da própria sociedade, em geral.

Procuro, em especial, demonstrar explicitamente o papel das *contradições* no processo de geração tecnológica. Isso nos remete à contradição atual, assinalada no início da Introdução, entre o avanço científico e tecnológico alcançado pela humanidade e a falta de resolução de inúmeros e graves problemas sociais. Na presente tese quero, portanto, discutir e incorporar de modo sistemático o papel das contradições numa abordagem de análise, esperando com isso poder fornecer novos instrumentos intelectuais para ampliar a reflexão sobre o atual desenvolvimento tecnológico e, quem sabe, contribuir para alterar seus rumos.

Creio que essa reflexão, no momento histórico atual, é de suma importância e deve ser ampliada, para que mais pessoas possam dela participar e tentar democratizar as decisões sociais e técnicas sobre os rumos do desenvolvimento tecnológico.

1ª Parte

A Moldagem Social da Tecnologia

Para se analisar e comparar diferentes processos de geração de uma dada tecnologia, como a de sistemas digitais de telefonia, por exemplo, é necessário lançar mão de uma abordagem na qual os parâmetros de avaliação e/ou a metodologia de análise estejam claramente explicitados. Dependendo da abordagem, determinados fatores técnicos e sociais serão focalizados e outros não. Exemplo disto são as formas mais cruas de ‘determinismo tecnológico’, incapazes de “enxergar” o contexto social como fator relevante na definição dos rumos e das formas da tecnologia.

Ao se procurar fazer uma comparação histórica sobre o surgimento de certo tipo de tecnologia, uma das questões que surge naturalmente é sobre os critérios de avaliação. Comparação em termos de que? Critérios científicos? Técnicos? Econômicos? Sociais? Ou ainda, em função de quem? Dos consumidores? Dos fabricantes dos produtos? Das empresas prestadoras de serviços? Dos cientistas? Dos gerentes? Verdade seja dita, os parâmetros de avaliação tendem a estar com frequência bastante entrelaçados entre si.

Se pensados em função dos usuários da nova tecnologia, por exemplo, os critérios poderiam ser a qualidade dos novos produtos ou serviços, seu preço final, sua compatibilidade com tecnologias similares existentes. Em função das empresas fabricantes da nova tecnologia, eles poderiam ser talvez os custos com seu desenvolvimento e/ou o sucesso comercial obtido com os novos produtos. Por outro lado, em função de órgãos públicos que contribuíram de alguma forma para o projeto, os

critérios poderiam ser, por exemplo, a satisfação pública dos consumidores com os novos produtos ou serviços e/ou com seus preços, o prestígio político obtido com o apoio, etc. Em função dos cientistas, engenheiros e gerentes que participaram mais diretamente da criação da nova tecnologia, os critérios poderiam ser ainda da adequação e originalidade das soluções técnicas ou do prestígio científico e social obtido com a implementação prática da nova tecnologia. Em função dos empregados de empresas que participam da produção do novo produto, os critérios poderiam ser ainda outros, como o da manutenção de seus empregos, da elevação e/ou queda do seu nível salarial, ou da qualidade do trabalho executado para a produção ou na utilização da nova tecnologia.

Os parâmetros para uma comparação, portanto, se estendem muito além do produto tecnológico em si, ou seja, os critérios de avaliação e comparação não são apenas técnicos ou comerciais, mas também políticos e sociais. Assim, um novo produto não é bom apenas por ser considerado avançado do ponto de vista “puramente” técnico; é aquele que satisfaz – ao menos parcialmente – os vários tipos de consumidores, as empresas fabricantes dos novos produtos, as empresas que os utilizam, as diversas categorias de trabalhadores, bem como eventuais promotores políticos que deram algum tipo de apoio ao projeto da nova tecnologia.

Não é difícil perceber que parâmetros similares podem ser aplicados para analisar o novo produto tecnológico no período de sua concepção e durante todo o seu desenvolvimento. Portanto, na própria evolução do projeto todos aqueles atores e outros mais, dependendo do tipo de tecnologia, também podem influenciar os rumos do projeto e a forma final da nova tecnologia. Claro está que na concepção de uma dada tecnologia os principais agentes tendem a ser, predominantemente, cientistas e engenheiros que dispõem de algum conhecimento técnico e científico da área específica, e empresas e/ou órgãos governamentais que apoiam financeira e politicamente um dado projeto. Entretanto, isso não impede a participação ou pressão de inúmeros outros agentes.

Em suma, para se examinar a geração de dada tecnologia é necessário um método de análise que leve em consideração as múltiplas facetas do processo: a demanda social do consumidor, o mercado da nova tecnologia, o interesse político

governamental em promovê-la, o papel-chave dos cientistas na busca de novas soluções técnicas, etc, bem como a formação e transformação dessas várias facetas ao longo do tempo do projeto.

A partir dessa idéia inicial sobre o exame da geração tecnológica, o leitor já pode vislumbrar, em parte ao menos, o tema da presente tese. No Capítulo I, examino em detalhes o campo de estudos da ‘Moldagem Social da Tecnologia’ – suas idéias fundamentais sobre o processo social e técnico interativo que direciona e molda as tecnologias. Vários fatores sociais e técnicos são examinados, um a um, nas maneiras pelas quais cada um deles influencia a emergência de novas tecnologias; a exposição é acompanhada de vários exemplos históricos, que visam deixar bem claros os diferentes tipos de influência. São examinadas também as origens intelectuais das várias correntes que compõem o campo da Moldagem Social da Tecnologia. Neste exame se poderá antever alguns dos enfoques ou métodos de análise utilizados por essas correntes. Procuro caracterizá-los descrevendo seus pontos de partida principais e algumas de suas características mais importantes.

No Capítulo II, prossigo a análise dos enfoques da Moldagem Social da Tecnologia, examinando alguns dilemas e impasses da área relativos à forma de ordenar e hierarquizar os fatores técnicos e sociais, forma essa que deve ser, de algum modo, analiticamente coerente ou adequada. A própria questão da ‘adequabilidade’ também é discutida, já que ela depende da visão de mundo do analista, ‘impressa’ no seu enfoque – nos seus critérios de análise –, como se tentará mostrar. Exemplo evidente disso é a própria abordagem geral ‘Moldagem Social da Tecnologia’, que salienta expressamente a preocupação dos analistas com o “lado social” do processo de desenvolvimento tecnológico.

Para examinar com maior clareza alguns dos dilemas teóricos do campo, utilizo uma sugestão de David Edge (1995) sobre o modo de classificar as abordagens da área em dois tipos principais: as ‘externalistas’ e as ‘internalistas’. Tento demonstrar, examinando estudos de caso da literatura, que os enfoques que adotam uma perspectiva ‘externalista’ terminam por enfatizar os problemas, agentes e critérios do contexto mais

amplo, como o econômico ou político. Já os que seguem uma perspectiva ‘internalista’ tendem a enfatizar fatores, problemas e agentes mais diretamente ligados à geração tecnológica, salientando em particular o papel dos ‘agentes da inovação’, como os cientistas e engenheiros. Grosso modo, enquanto a perspectiva ‘externalista’ privilegia a análise dos processos econômicos e políticos ‘globais’, a perspectiva ‘internalista’ privilegia o exame dos processos ‘locais’ de geração científica e tecnológica. No desenrolar da análise crítica desses enfoques pretendo mostrar que é necessário um “meio termo” entre as duas perspectivas.

No Capítulo III, aprofundo a crítica às duas perspectivas, afirmando que é necessário rever certos conceitos sociológicos, de forma a permitir resolver alguns dos dilemas teóricos e, com isso, poder propor uma abordagem alternativa que combine as duas perspectivas. Necessariamente, a alternativa proposta passa pela idéia de que ambos os processos, ‘o macro e o micro’, ou, ‘o global e o local’, ou ainda, ‘o econômico/ político e o científico/ técnico’, são todos importantes e cruciais para a compreensão do processo de mudança tecnológica como um todo. Observo que a idéia da configuração recíproca entre o contexto social e o processo de construção tecnológica é, de modo geral, comum a todos os enfoques da Moldagem Social da Tecnologia. Nesse aspecto, o que na realidade os diferencia é a ênfase maior em um dos lados.

Procurro mostrar, lançando mão das idéias de Nicos Mouzelis (1990, 1991, 1995), que a concepção de configuração recíproca, embora essencialmente correta, tem sido, contudo, utilizada de forma muito geral e abstrata, o que acaba impedindo de aparecer claramente o caráter sempre variável do papel do contexto ou da estrutura social, bem como o dos diversos agentes. Em outras palavras, a contribuição de algumas estruturas e de alguns agentes é mais decisiva que a de outros. Para se elucidar esse papel diferenciado é fundamental a conceituação explícita da ‘hierarquia social’, o que permitirá a distinção entre os agentes e estruturas ‘macro’, e os ‘micro’. Argumento que uma distinção adequada entre os níveis ‘micro’ e ‘macro’ deve levar em conta os possíveis efeitos no espaço e no tempo das influências ou ações dos agentes e das estruturas.

Além da divisão das regras da ‘produção social’, analiso também as três dimensões das interações humanas (Mouzelis, op.cit.), que permitirão ao analista levar na devida conta a) as regras e convenções sociais advindas da posição em que os agentes se situam nas estruturas sociais, a dimensão ‘posicional’; b) as regras internalizadas que os agentes carregam consigo, a dimensão ‘disposicional’, fruto de processos prévios de socialização e treinamento (estas duas dimensões fornecem os parâmetros que permitem situar hierarquicamente os agentes, bem como seu poder de barganha – o seu ‘capital’); e, finalmente c) a dimensão ‘situacional’ – historicamente específica – permitirá à análise levar em consideração como um conjunto específico de regras sociais se concretiza nas interações específicas dos vários agentes, nas quais eles improvisam e criam novas estratégias e soluções para as situações particulares que vão se sucedendo. Nesse processo complexo e dinâmico tais agentes vão criando a nova tecnologia e, ao mesmo tempo, alterando sua situação no contexto, subindo ou descendo na hierarquia social. Discuto, enfim, o papel crucial das contradições estruturais entre as diferentes atividades implicadas na geração tecnológica tanto na percepção particular dos agentes quanto no desenrolar específico deste processo.

Finalizo o capítulo apresentando de maneira provisória os passos para a análise de dado processo de desenvolvimento tecnológico, utilizando a abordagem alternativa proposta. Deixo claro que tais passos de análise tem o mero propósito de orientar o foco de atenção da análise, não oferecendo nenhum tipo de conclusão a priori. o que só será alcançado por meio do exame *in loco* do material empírico coletado pelo pesquisador.

Desejo ressaltar, concluindo, que o propósito da abordagem alternativa proposta não é de substituir os enfoques existentes, nem, menos ainda, de menosprezar a relevância de suas contribuições, mas sim, de tentar aumentar seu poder de análise, através da busca de uma maneira de integrar seus aspectos positivos e evitar suas fragilidades mais patentes.

Capítulo I

Visão Geral da Moldagem Social da Tecnologia

I.1- Introdução

Dentro do campo mais amplo dos ‘Estudos de Ciência e Tecnologia’, a abordagem geral denominada ‘Moldagem Social da Tecnologia’ (Social Shaping of Technology) (Edge, 1988, 1995) abrange uma série de enfoques que analisam com atenção especial os processos sociais que envolvem ou conduzem à geração de tecnologias – novos conhecimentos, atividades e produtos, tanto no setor de produção quanto no de serviços, bem como nas formas de organização de ambos. Esta abordagem geral busca rastrear e examinar a influência de fatores sociais variados – sejam eles econômicos, políticos ou culturais, entre outros – que conjuntamente com fatores de natureza mais técnica contribuem para determinar os rumos tomados pela mudança tecnológica, suas características e rapidez.

Para expor os contornos básicos desta abordagem geral é necessário nos determos em alguns dos seus autores e referências principais. Assim, entre inúmeros trabalhos, não se pode deixar de citar, de início, a coletânea de artigos reunidos no livro intitulado “Social Shaping of Technology” (MacKenzie & Wajcman, 1985) – um clássico da literatura nesta área –; o artigo, com idêntico título, “Social Shaping of Technology” (Edge, 1988, 1995), em que o autor explica as linhas centrais da abordagem; e o artigo de revisão “Social Shaping Review: Research, Concepts and Findings in the UK” (Williams & Edge, 1992).

Um ponto de partida para apresentar esta abordagem geral é observar as limitações dos enfoques tradicionais de análise das mudanças tecnológicas. Por aí, pode-se avaliar o quanto estes enfoques são estreitos e insuficientes, pois eles implicam em determinismo tecnológico, assumem um modelo linear e simplista do processo de inovação, consagram a tendência de tratar a tecnologia como dada – “caixa preta” – e expressam preocupação excessiva, senão exclusiva, com os chamados “impactos sociais” das trajetórias técnicas que já estariam previamente determinadas.

Tradicionalmente, a pesquisa social sobre a tecnologia sempre tendeu a focar os “efeitos da tecnologia sobre a sociedade”, seus “impactos”, suas “implicações”, e assim por diante. Se, por um lado, a importância da análise dos impactos das tecnologias sobre inúmeros aspectos da economia e da sociedade é indubitável, por outro lado, as hipóteses sobre as quais repousa a visão tradicional podem e devem ser objeto de crítica. Pois, deixando de formular uma questão básica (e, portanto, de respondê-la) – especificamente, “o que molda a mudança tecnológica que está tendo efeitos?” (Edge, 1995, p15) – o enfoque tradicional fornece, na melhor das hipóteses, um retrato incompleto ou empobrecido sobre os processos de mudança tecnológica que busca esclarecer.

A visão tradicional reflete a “crença largamente difundida (frequentemente referida como ‘determinismo tecnológico’) que assegura que a mudança técnica é a causa primária da mudança social, e que inovações técnicas são elas mesmas ‘não-causadas’ – no sentido de que elas surgem como o resultado de uma lógica intrínseca, desencarnada e impessoal, longe de quaisquer influências sociais.” (op.cit., p14). Como corolário, fatores humanos e sociais meramente mediatizam o processo “natural” da evolução tecnológica e podem, quando muito, controlar a velocidade com que os processos de inovação ocorrem, cuja essência é vista como inevitável. Assim, a ênfase das pesquisas sobre ciência e tecnologia realizadas sob este prisma, bem como de políticas tecnológicas a partir daí concebidas, concentra-se basicamente nas tentativas de prever as ‘prováveis consequências’ da evolução tecnológica, de modo a se poder minorar os seus eventuais (e inevitáveis) efeitos negativos.

Exemplo marcante deste tipo de visão são algumas análises futurísticas sobre os impactos do ‘microchip’ sobre a sociedade – tais como as de Adam Schaff (1985), Andrés Gorz (19??), e Large, citado por MacKenzie & Wajcman (op.cit., p5), entre outros. De acordo com tais análises, a revolução da microeletrônica está causando a emergência de uma nova forma de sociedade. Seremos todos forçados a mudar nossas idéias sobre o trabalho e o lazer à medida que o ‘chip’ for eliminando milhões de postos de trabalho. A relação assumida é direta: ‘chip’ causa desemprego. Admite-se, no entanto, que temos escolhas. Podemos, por exemplo, escolher entre uma sociedade em que todos trabalham mas com um número de horas reduzido, ou com um elite pequena trabalhando em tempo integral e uma grande massa de desempregados permanentes. De qualquer jeito as opções são limitadas, e limitadas pela nova tecnologia – o ‘chip’. Portanto, segundo tais análises, “é a mudança da tecnologia que está trazendo a nova ‘sociedade do lazer’, ou a ‘sociedade pós-industrial’.” (op.cit., p5). O papel que resta para a sociedade é, na melhor das hipóteses, o de escolher a opção mais civilizada, uma vez que a nova sociedade já está tecnologicamente pré-determinada. Estudos realizados com esta visão cobrem os impactos nas estruturas organizacionais e ocupacionais, na estrutura das indústrias e de alocação de recursos, suas implicações para os grupos sociais, para o mercado, etc.

Em contraste, a abordagem geral “Moldagem Social da Tecnologia” procura ‘abrir as caixas pretas’ e desvendar as origens da tecnologia e os caminhos de sua evolução posterior. A abordagem chama a atenção para a flexibilidade do processo de inovação e para o grau em que ‘escolhas’ e ‘feed-backs’ são endêmicos ao processo. A relação entre tecnologia e sociedade assume a forma de um processo interativo e recursivo, onde causas e efeitos estão inter-relacionados de modo complexo (Edge, 1995, p15). É claro, a moldagem *social* é de suma importância: a mudança tecnológica não é governada simplesmente por sua lógica interna. Assim, a questão acima – do efeito do ‘chip’ sobre o emprego – não pode ser formulada de maneira simplista. Não se trata de um mero cálculo sobre o números de postos de trabalho que poderiam ser automatizados pela tecnologia atual dos sistemas de informatização. Para relacionar o ‘chip’ com a questão do emprego e, assim, com o futuro da sociedade, o pesquisador precisa conhecer os diferentes graus de adoção e difusão do ‘chip’ em diferentes locais,

a natureza das indústrias que produzem e utilizam a tecnologia de computadores, os efeitos globais e indiretos na criação e eliminação de empregos, o papel dos sindicatos, de políticas governamentais e de movimentos sociais, as interações de todas estas dinâmicas em determinado país e suas relações com o que ocorre em outros países, o crescimento ou declínio econômico do país, bem como os padrões de mudança na economia mundial (MacKenzie & Wajcman, 1985, p6). É exatamente este processo que a ‘Moldagem Social da Tecnologia’ busca examinar e elucidar.

Portanto, inúmeros estudos empíricos nesta área tornam cada vez mais claro que as respostas para aquela questão ‘do que molda a tecnologia que está provocando impactos’ – os fatores que influenciam a rapidez, os rumos e as formas específicas da mudança tecnológica – apresentam natureza tanto técnica como social. As evidências são de todo marcantes: fatores econômicos, políticos, culturais e organizacionais, entre outros – todos reunidos na expressão ‘fatores sociais’ – podem ser verificados extensamente, documentados em detalhes, e examinados caso a caso. Na literatura especializada pode-se identificar pelo menos 8 tipos de influências: 1) situação geográfica, ambiental e fatores relativos a recursos naturais; 2) avanço científico; 3) tecnologia pré-existente; 4) fatores econômicos e processos do mercado; 5) relações de trabalho (conflito capital x trabalho, por exemplo); 6) outros aspectos das estruturas organizacionais (empresas privadas e públicas); 7) instituições do Estado e sistema internacional de Estados; 8) divisão de gênero e outros fatores culturais (Edge. 1995, p15). Poderíamos acrescentar diversos outros como, por exemplo, fatores políticos eleitorais, cultura já enraizada no uso de tecnologias, etc. Alguns exemplos da literatura, mostrados a seguir, tornarão mais clara a importância de tais fatores. Examinaremos neste capítulo uma série deles, tecendo comentários sobre suas importâncias relativas e, mais adiante, analisando-os de acordo com enfoques particulares.

I.2 - Tecnologia: seus significados e efeitos

Embora o termo ‘tecnologia’ expresse uma idéia que nos é mais ou menos familiar no dia a dia, sua definição precisa não se revela tão evidente. Sua fronteira com a ciência nem sempre é clara, e sua definição tem mudado com o tempo. Hoje em dia,

de acordo com MacKenzie e Wajcman, esse termo apresenta pelo menos três significados importantes (MacKenzie e Wajcman, op.cit., p3):

- a) no nível mais básico, tecnologia se refere aos *objetos físicos*, como carros, televisões, construções civis, computadores, satélites, etc;
- b) mas todos estes objetos só são o que são porque fazem parte de um conjunto de *atividades humanas*, no trabalho e fora dele. Tecnologia se refere então às atividades de produção e utilização destes objetos. Por exemplo, as tecnologias de organização da produção como 'just-in-time' e 'círculos de controle da qualidade'.
- c) mas estas atividades sociais que as pessoas realizam diariamente só são possíveis porque elas têm *conhecimento* sobre a produção e utilização daqueles objetos. "Objetos tecnológicos não têm sentido sem o 'know-how' sobre como usá-los, consertá-los, projetá-los e produzi-los" (op.cit., p3). Tecnologia neste caso se refere ao conhecimento científico e técnico envolvido nas atividades de produção e utilização dos artefatos técnicos.

Nesta última acepção encontramos o significado mais antigo. Ele se referia ao conhecimento sistematizado que podia ser ensinado nas diversas disciplinas de engenharia, e era visto como o estudo das técnicas de produção (op.cit., p4).

Em qualquer um destes sentidos a tecnologia foi vista durante muito tempo como um fator independente, que se encontraria fora da sociedade, e que teria efeitos inevitáveis sobre esta. Contra este tipo de visão, como já foi dito, a abordagem geral 'Moldagem Social da Tecnologia' busca focalizar e elucidar o que causa a tecnologia que está provocando impactos. A tecnologia em si não provoca impactos pré-determinados, ela apenas abre uma possibilidade para a sociedade, e esta e/ou suas organizações podem adotar, ou não, certa tecnologia.

Um caso atual, por exemplo, são as tentativas de substituir a fita cassete e o CD (disco compacto) a raio laser por tecnologias mais avançadas (The Economist, setembro 1996, N^o 7985, p100). Alternativas até agora não faltaram. Em 1987, cinco anos após o bem sucedido lançamento da tecnologia do CD pela Sony e Philips, as mesmas

empresas lançaram o DAT (fita digital de áudio). Tecnicamente, o DAT era superior por que tinha qualidade digital e permitia gravações de música pelo próprio usuário, característica que o CD não permite. Porém, o DAT foi um fracasso comercial. A causa teria sido o boicote das companhias gravadoras que temiam um aumento de cópias piratas. Tal problema, no entanto, sempre existiu com as fitas comuns, e o CD, quando lançado, também fora inicialmente boicotado pelas mesmas gravadoras, embora por outros motivos. Em 1992, a Philips introduziu o DCC (fita digital compacta) com maior capacidade de estocagem, e com uma vantagem adicional: os novos aparelhos permitiam que as fitas convencionais também pudessem ser tocadas. E a Sony, por sua vez, lançou o ‘mini disco’ que, ao contrário do CD, permitia ao usuário realizar suas próprias gravações. Foram mais dois fracassos comerciais. Entre os fatores que são levantados para tentar explicar tais fracassos, estão a necessidade do usuário comprar aparelhos específicos para o DAT, DCC ou mini disco, o receio e a resistência das gravadoras e, por fim, a reação dos consumidores que não enxergam nas alternativas oferecidas vantagem suficiente para um esforço de trocar o “velho” CD – bom, cômodo e razoavelmente barato – por um novo tipo de tecnologia. Bem recentemente, em 1996, foi lançado o DVD (disco digital versátil) cujas características se revelam muito superiores aos do CD convencional, pois tem uma capacidade para estocar até 28 vezes mais informações, aproximadamente 7 Gigabytes de memória. O articulista do ‘The Economist’ se pergunta então: será que o CD encontrou finalmente um rival a altura que irá substituí-lo dentro em breve? Talvez sim, pois de fato o DVD apresenta vantagens técnicas bem superiores, uma vez que permite comportar nada menos que 25 vezes mais músicas do que o CD convencional. Mas, talvez não, pois quem sabe, afinal, se é isso que os consumidores realmente querem? Este exemplo mostra com clareza que é necessário analisar as condições mais amplas que influenciam a adoção de certa tecnologia e, assim, seus impactos sobre a sociedade. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman comentam: “torna-se difícil admitir que a tecnologia tenha de ser distinguida com uma atenção especial, quando na verdade ela deveria ser tratada como uma condição entre outras” (op.cit., p6).

Por outro lado, o fato da tecnologia em si não provocar impactos pré-determinados não significa que ela não possa causar, em certas situações, efeitos

planejados de antemão. Em outras palavras, não é verdade que a tecnologia seja neutra e que tudo depende da maneira de utilizá-la. Ela pode embutir em seu projeto determinada configuração que transforma suas características técnicas em instrumentos inerentemente políticos e, com isso, abrir certas opções estratégicas para alguns grupos sociais e/ou eliminá-las para outros. Um bom exemplo, neste sentido, é o das usinas nucleares para produção de eletricidade. Qualquer pessoa leiga, medianamente informada, sabe muito bem que as opções técnicas em torno desta alternativa de geração elétrica sempre giraram, de uma forma ou de outra, em torno de desígnios militares com vistas à obtenção de produtos intermediários – tais como plutônio e urânio enriquecido – para a produção de armas nucleares.

Um outro caso, exemplo considerado clássico, é o da ponte de ‘Long Island’, construída em Nova York (Winner, 1985, p28-38). Esta ponte apresenta uma altura máxima, nos vãos de sustentação construídos sobre a pista, de apenas ‘nove pés’, aproximadamente dois metro e setenta, altura essa extremamente baixa que impede a passagem de ônibus e caminhões, só permitindo a de carros de passeio. Surpreendentemente, tal característica, por mais estranha que pareça, não foi erro de projeto ou limitação da tecnologia existente na época. Robert Moses, o engenheiro responsável pela solução “técnica”, tinha como objetivo deliberado impedir que pessoas negras e pobres que, por isso mesmo, viajavam de ônibus, chegassem aos locais de recreação dos brancos ricos ou de classe média que tinham, evidentemente, carros de passeio. Portanto, um ‘efeito social’ premeditado – a discriminação de negros e pobres – foi um fator determinante na moldagem de uma obra de engenharia civil. Em outras palavras, “Tecnologias podem ser projetadas, consciente ou inconscientemente, para abrir certas opções sociais e fechar outras” (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p7).

Resumindo, tecnologia se refere a objetos físicos, às atividades sociais na produção e utilização destes objetos, e ao conhecimento científico e técnico envolvidos nestas atividades. Ela não provoca em si efeitos pré-determinados de antemão, mas pode ser projetada de forma a embutir nela, premeditadamente, objetivos políticos ou sociais. Portanto, isto já faz parte da questão que se deseja esclarecer aqui – o que molda a tecnologia que causa certos efeitos. No último exemplo, inusitadamente claro, um dos

fatores que contribuíram para projetar a ponte foi um objetivo político de discriminação social.

I.3- Fatores que influenciam a moldagem da tecnologia

Examinaremos a seguir as influências sociais e técnicas que, de um modo ou de outro, contribuem para moldar as inovações tecnológicas. Começaremos pela ciência, seguindo-se a própria tecnologia, depois a economia e, finalmente, o ambiente social e cultural, tanto de uma área específica da sociedade quanto, de forma mais ampla, de toda a sociedade.

I.3.a - Ciência

A ciência, ou o avanço científico, é um dos fatores que imediatamente vem a mente de quem quer que se detenha um momento a refletir sobre o que moldaria a tecnologia ou contribuiria para sua geração. Intuitivamente, podemos pensar até que a tecnologia é simplesmente a aplicação da ciência. No entanto, como MacKenzie e Wajcman salientam, a ciência durante um bom tempo no passado esteve divorciada dos inventos técnicos. Por exemplo: o moinho, o arado, a máquina de fiar e a máquina a vapor representaram inventos cruciais para a humanidade, porém nenhum deles representou uma aplicação da ciência pré-existente. Outro exemplo: "... a revolução geral na produção de ferro e aço que ocorreu no século dezoito foi baseada inteiramente em experimentos empíricos. A substituição do coque por carvão vegetal, a invenção do processo de produção do aço em cadinho, (...) e o desenvolvimento do processo 'puddling' para produzir ferro maleável, foram inventos realizados sem a utilização da ciência." (Conant, 19??, p287).

Foi somente neste século que as relações entre as atividades científicas e tecnológicas se aproximaram mais, tendo atualmente uma forte influência recíproca. Há especializações disciplinares, como a simulação molecular de compostos orgânicos ou a decodificação do código genético, entre inúmeras outras, que simplesmente não poderiam existir sem as ferramentas computacionais. As atividades tecnológicas, por

sua vez, utilizam a ciência como fonte de recursos para ajudá-las a resolver seus problemas e alcançar os objetivos propostos. Assim, o avanço científico é um elemento de vital importância na geração tecnológica. Veremos adiante um exemplo que mostra claramente este fato.

I.3.b - Tecnologia

E a tecnologia? Não seria ela própria um fator que moldaria outras tecnologias? Os historiadores de ciência e tecnologia demonstram que, de fato, muitos dos inventos são na verdade pequenas modificações de tecnologias já existentes (Hughes, 1983). De acordo com esses historiadores, este fato ajuda em muito a desmascarar a noção mistificada da inspiração súbita e genial dos grandes inventores. Muitos de seus inventos são na realidade a soma de inúmeros pequenos esforços, por vezes de milhares de pessoas anônimas, em aprimorar artefatos já existentes ou estender o uso de técnicas bem sucedidas de uma área de aplicação para outras. Neste sentido, a nova tecnologia surge por um processo de mudança gradual e através de novas combinações da 'tecnologia existente'. Portanto, esta última é "uma importante pré-condição para a nova tecnologia, pois fornece a base de instrumentos e técnicas que podem ser modificados, e representa um conjunto rico de recursos intelectuais que estão disponíveis para seu uso imaginativo em novas situações" (MacKenzie & Wajcman, 1985, p10).

Da constatação de que a tecnologia existente desempenha papel importante na moldagem de novas tecnologias, brotam duas idéias: a de 'paradigma tecnológico' e a de 'sistema tecnológico'. A primeira foi criada por analogia com o conceito de 'paradigma científico' de Thomas Kuhn (1962). De acordo com MacKenzie e Wajcman, o paradigma científico do trabalho de Kuhn tem dois significados interrelacionados:

- 1) paradigma é um 'um problema-solução particular', bem sucedido em certo campo científico, que se torna um exemplar modelo, base para futuros desenvolvimentos;
- 2) paradigma é a constelação geral de crenças, valores e técnicas que são compartilhadas pelos membros de uma comunidade científica (op.cit., p11).

De modo similar ao campo da ciência, o que se observa historicamente é que uma realização tecnológica particular desempenha papel crucial como modelo, ou seja, como ‘paradigma tecnológico’, a partir do qual se pode desenvolver novos artefatos. Por exemplo: no campo da tecnologia dos mísseis, o míssil alemão V-2 desempenhou este papel de modelo, por meio do qual americanos e soviéticos desenvolveram seus respectivos mísseis nos anos subsequentes à 2ª Guerra Mundial. A importância deste modelo é explicada pelo fato de que o conhecimento tecnológico precisa ser concretizado, ou seja, não é possível reduzi-lo a um conjunto de regras verbais ou escritas. Assim, o papel de um protótipo concreto representa um recurso vital para o seu desenvolvimento posterior (op.cit., p11). Um outro exemplo, ainda mais claro, é o do Japão que, após a 2ª Guerra, se tornou famoso por sua política de copiar artefatos técnicos produzidos em outros países, principalmente dos EUA, e, a partir destas cópias, as empresas japonesas desenvolveram então diversos produtos novos.

A segunda idéia, relacionada com o papel chave da ‘tecnologia existente’, nasce da observação de que as novas tecnologias surgem não na forma de elementos separados ou isolados, mas sim como partes que se integram a um sistema de elementos técnicos e sociais, o ‘sistema tecnológico’ (Hughes, 1983). A necessidade de um elemento ou parte integrar-se ao sistema, como um todo, condiciona decisivamente quais partes serão objeto de pesquisas e aprimoramentos, e como elas serão moldadas. Neste sentido, o sistema tecnológico define ou “impõe” determinados problemas críticos que “precisam” ser solucionados. Daí, é claro, pode surgir uma série de novas tecnologias.

Exemplo clássico é o de Thomas Edison e o sistema de energia elétrica, pioneiro no mundo, que ele ajudou a criar a partir do final do século passado (Hughes, op.cit.). A lâmpada de alta resistência que este famoso inventor construiu era um elemento vital num ‘sistema tecnológico’. Dadas as características históricas da sociedade americana do século passado, para que um novo sistema de iluminação fosse bem sucedido, ele estava compelido a competir com o sistema de iluminação a gás, vigente no período. Havia, é claro, interesses econômicos e políticos estabelecidos, de governo e empresas, com os quais Edison tinha que lidar para abrir passagem para a sua invenção. Estes eram os elementos sociais do seu sistema elétrico. Já entre os vários componentes técnicos

(geradores, fios de cobre, lâmpadas, etc) que compunham o sistema, um deles se revelava crítico: os fios de cobre que, devido à extensa utilização e ao preço elevado, tornavam muito caro o sistema. Edison utilizou então o avanço científico no campo da eletricidade como fonte de recursos, como foi mencionado acima, para resolver um ‘problema crítico’ particular. Tentando viabilizar economicamente o sistema elétrico, Edison recorreu a leis da eletricidade (Ohm e Joule) e concluiu que a resistência elétrica do filamento das lâmpadas deveria ser mais elevada do que das lâmpadas então existentes. Isto diminuiria a corrente elétrica necessária para acender as lâmpadas; em consequência, os fios de cobre poderiam ser mais finos e, assim, o custo com o metal se reduziria até o ponto de viabilizar o projeto. O foco de atenção de suas pesquisas ‘científicas’ se concentrou então na busca de uma lâmpada com alta resistência elétrica que se ajustasse ao seu projeto, isto é, a um conjunto interligado de elementos técnicos e sociais que permitiriam a viabilidade do sistema elétrico de iluminação.

É importante observar que a resolução de um ‘problema crítico’, como visto no exemplo acima, somente faz sentido se há metas a serem alcançadas. E estas estão normalmente ligadas a cálculos econômicos em torno da redução de custos, eficiência produtiva, rentabilidade, etc. Neste sentido, o raciocínio tecnológico e o econômico estão comumente emparelhados. “Tipicamente, as decisões tecnológicas são também decisões econômicas” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p12). Isto nos conduz a mais um elemento relevante na moldagem da tecnologia: os fatores econômicos. Assim, ainda do exemplo acima, podemos concluir que “a pesquisa de Edison sobre o filamento da lâmpada elétrica resultou de sua indentificação como elemento central na competição econômica com a indústria de iluminação a gás existente então” (Edge, 1995, p17).

I.3.c - Economia

Não há a menor sombra de dúvida de que fatores econômicos são fundamentais no desenvolvimento e na moldagem de tecnologias. Mas, a par disso, o inverso também é verdadeiro: a inovação tecnológica pode estimular as atividades econômicas. Karl Marx foi um dos primeiros analistas a identificar o papel da mudança técnica como indutora do crescimento econômico (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p14). Na

realidade, o desenvolvimento da economia e o das novas técnicas de produção estão intimamente relacionados.

No amplo campo da economia existem vários estudos, com os mais variados enfoques, que buscam analisar como os diversos fatores econômicos influenciam, ou são influenciados, pelas inovações tecnológicas. Várias pesquisas examinam o papel da inovação no crescimento econômico, pois este não é um simples resultado do aumento de trabalho e capital empregados, mas também das tecnologias usadas (op.cit., 14). Outras procuram relacionar a influência da demanda, ou o ‘impulso da demanda’, sobre o aumento das invenções, que pode ser medido, por exemplo, pelo número de patentes registradas a cada ano (Schmookler, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p15). Alguns estudos buscam focalizar os processos diferenciados de difusão de certas tecnologias, por vezes em vários países, e relacioná-los com os respectivos padrões de crescimento econômico destes, chegando a propor modelos matemáticos para tal processo (Antonelli, 1991). Neste aspecto, Powell mostra a enorme desigualdade do processo de adoção e difusão de tecnologias nos vários setores da economia (Powell, 1987). Outros trabalhos analisam as relações entre o comportamento estratégico das empresas e a adoção de dada tecnologia, apresentada como fonte tanto de restrições como de novas oportunidades: “as tecnologias disponíveis fazem com que diferentes estratégias resultem em custos, benefícios e riscos igualmente distintos” (Coombs et al., 1987, p274). Não interessa aqui listar ou exaurir todos os fatores econômicos e suas diversas influências. O importante é ressaltar que os fatores econômicos estão profundamente envolvidos nos processos de geração tecnológica.

Um caso interessante, que ilustra bem os fatores econômicos, é o dos supercomputadores Cray (Quem? & MacKenzie, 199?). O desenvolvimento da velocidade dos computadores é visto popularmente como exemplo claro da inevitabilidade do progresso técnico dos computadores. Examinando a história da criação destes supercomputadores, Quem? e MacKenzie mostram, no entanto, que tão importante quanto o avanço científico e as soluções técnicas arrojadas (multi-processamento em paralelo, resfriamento com nitrogênio líquido, etc), foi a criação paulatina de um novo mercado (inexistente até então) para estas super-máquinas. Foi este mercado que

permitiu a continuidade dos pesados investimentos em pesquisas que a empresa Cray despendia anualmente. Seu departamento de ‘marketing’ e, principalmente, o de atendimento a clientes, eram de vital importância. Equipes especializadas da Cray atendiam individualmente a cada um dos usuários, dos setores mais variados (aeronáutica, automóveis, universidades, etc), de modo a permitir que eles tirassem o máximo proveito do supercomputador e, assim, ficassem satisfeitos com seu investimento. Dois fatores se mostraram críticos na evolução dos tais supercomputadores: 1) os custos das pesquisas para aprimorar as máquinas; e 2) a compatibilidade dos novos modelos, ainda mais rápidos e avançados, com os antigos. Com o tempo, à medida que o mercado crescia, os interesses da empresa em atender melhor o mercado já existente também aumentava, a ponto de entrar em conflito com o setor de pesquisas da empresa, que continuava buscando novas possibilidades de aumentar a velocidade dos computadores. E, à medida que as pesquisas evoluíam, as soluções técnicas que iam surgindo começavam a significar também maior incompatibilidade das novas versões com os modelos mais antigos. Não sem razão, os conflitos aumentaram a tal nível que a empresa se cindiu em duas: uma parte mais preocupada em atender o mercado existente, e a outra tentando construir computadores ainda mais rápidos. Podemos afirmar, portanto, que a velocidade dos computadores tem um “limite econômico”, qual seja, o que resulta do cálculo econômico entre o risco de novos e pesados investimentos em pesquisas com computação e a possibilidade incerta de criação e alargamento do mercado consumidor.

O exemplo acima focaliza uma das questões-chave para se entender as decisões relacionadas com tecnologias: o cálculo econômico depende crucialmente de como ele é percebido e utilizado, e que tipo de agentes o realizam (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p16). No caso acima, inicialmente tal cálculo era feito na maioria das vezes por cientistas e engenheiros que, baseados na possibilidade de uma demanda futura, não percebiam que esta era altamente incerta e arriscada. Eles estavam mais condicionados pelo desafio científico e técnico da área de pesquisas em computação do que pelos riscos econômicos de tal empreitada. Fica claro então, o papel de iniciativa do campo científico/ tecnológico que, por vezes, não obedece às regras, digamos convencionais, da economia de mercado. No entanto, tão logo o mercado de supercomputadores foi de fato

criado e gradualmente ampliado, um novo tipo de cálculo ganhou força, substituindo o anterior, e nele as variáveis mais importantes passaram a ser a compatibilidade das novas versões com as antigas e a manutenção e ampliação do mercado existente de supercomputadores. Ou seja, a empresa cresceu, mudou de perfil e assumiu a lógica mais convencional da economia de mercado.

I.3.d - Ambiente social

O argumento principal sobre o cálculo econômico relacionado com determinada tecnologia, é que ele está intimamente ligado ao ambiente social ou, mais precisamente, ao quadro específico de relações sociais circundante. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman fornecem um exemplo histórico muito interessante: no sistema de economia capitalista as empresas tendem a realizar o cálculo econômico orientadas por determinadas regras de mercado onde, entre outras características, os preços flutuam segundo um complicado jogo de mercado. Por outro lado, no sistema econômico controlado centralmente pelo Estado (sistema soviético, por exemplo) as empresas realizavam tal cálculo seguindo outras regras econômicas, pelas quais os preços eram previamente determinados pelo Estado. Isto trouxe como resultado, dentro de um quadro evidentemente mais complexo, que o cálculo efetuado pelas empresas soviéticas sobre os custos de produção desestimulava estratégias de adoção de novas tecnologias, bem como a produção de novos produtos. O sistema de cálculo vigente decisivamente estimulava muito mais a produção de produtos já existentes, com o uso das técnicas usuais para sua produção (op.cit., p17). Enquanto isso, do lado capitalista, as empresas aproveitavam as novas tecnologias para lançar novos produtos e serviços, produzir com mais eficiência e aumentar sua rentabilidade.

Entre inúmeras relações sociais que influenciam o modo como o cálculo econômico é realizado, uma delas merece destaque: as relações de trabalho ou produção nas fábricas e empresas. O maior ou menor conflito em torno destas relações e sua natureza particular são cruciais para entender o porquê de certas opções tecnológicas. O exemplo clássico nesta área é o das máquinas-ferramentas com tecnologia de ‘controle numérico’ (Noble, 1979). O início do processo de sua criação ocorreu nos Estados

Unidos, na década de 50, resultando mais tarde no desenvolvimento da tecnologia de controle numérico por computador. A técnica de produção destas máquinas ferramentas – de enorme importância, pois elas são usadas para construir todas as outras máquinas, inclusive elas mesmas – era até então manual, estando a ‘inteligência’ do processo de fabricação nas mãos de operários altamente qualificados. Por esta época, fora inventada, para automatizar parcialmente o funcionamento das máquinas ferramentas, uma tecnologia alternativa chamada ‘repetição gravada’ (recorded playback), com a qual o controle sobre o processo de fabricação permanecia com os trabalhadores. Tal tecnologia se baseava na repetição automatizada do trabalho de um operário qualificado e permitia, obviamente, uma economia de custos já que o trabalho realizado uma vez poderia ser repetido inúmeras vezes. A alternativa, porém, nunca chegou a ser plenamente desenvolvida. Seria tal tecnologia inferior à outra? Mesmo admitindo que assim fosse outras causas, menos técnicas, influíram na decisão final. A rejeição daquela opção tinha como pano de fundo, claro está, as estratégias gerenciais de administração científica do trabalho, advindas do fordismo e taylorismo. Mais do que isso, no entanto, essa rejeição estava inserida no contexto de conflitos entre capitalistas e trabalhadores num período de aguda crise econômica do pós-guerra, tempo caracterizado também pela guerra fria e pela feroz campanha anti-comunista promovida pelo movimento marcartista. Claramente, empresários e gerentes, aliados à classe dos engenheiros, tinham como estratégia reduzir a força política dos trabalhadores. Um dos meios foi o de tentar reduzir a qualificação destes trabalhadores, retirando a parte nobre do seu trabalho, ou seja, projetando máquinas ferramentas tais, que o controle do processo de fabricação passava para as mãos de engenheiros e administradores. Portanto, conflitos econômicos e políticos em torno das relações de trabalho tiveram papel decisivo na “opção técnica” pelo desenvolvimento de determinada tecnologia (controle numérico) em detrimento de outra (repetição gravada). É importante notar que ambas reduziam os custos de produção das máquinas, porém a primeira o fazia incorporando na tecnologia o objetivo estratégico gerencial de se apossar em parte do controle do processo de produção.

O cálculo econômico, entretanto, nem sempre é possível, pelo menos de modo preciso. Isto ocorre principalmente porque, com frequência, tal cálculo envolve a

avaliação de custos no futuro, não no presente, para um mercado do futuro, não do presente, em suma, para uma ‘provável’ situação futura. Ao lado disso, o processo de inovação desde a invenção até sua difusão no mercado pode levar vários anos. Por exemplo, o período médio de maturação da tecnologia digital dos sistemas de telefonia pública, tema da segunda parte da tese, é da ordem de 10 anos. Por causa disso, o processo de inovação se torna imprevisível. Seus custos podem se alterar com o tempo; situações e barreiras inesperadas podem aparecer e mudar parcial ou totalmente os rumos de um projeto, de uma hora para outra. Neste aspecto, Schon afirma que “a situação do inovador não é nem mesmo a de risco quantificável, mas fundamentalmente de incerteza irredutível.” (Schon, citado por MacKenzie & Wajcman, 1985, p18).

O caso do caça aéreo britânico (Callon & Law, 1992) é bastante revelador neste sentido. Tramas políticas dentro de um governo conservador, no Reino Unido, no final da década de 50, aliadas às dificuldades técnicas inerentes ao projeto de um caça aéreo com características arrojadas para a época, conduziu a uma situação tal, que a vitória eleitoral do partido trabalhista em 1964, pouco depois, resultou no seu cancelamento e na importação de caças americanos. A história do desenvolvimento do caça britânico é recheada de intrigas políticas e disputas econômicas: interesses conflitantes entre a Força Aérea e a Marinha, restrições de caixa do Ministério do Tesouro, e a política de reforma da indústria aeroespacial britânica, entre outros, contribuíram para moldar o grupo de desenvolvimento do caça aéreo, a rede local, e, principalmente, os requisitos desejados para o caça. Este deveria reunir num só avião características de um caça de grande autonomia, de operações táticas e de reconhecimento, com possibilidade de pouso e decolagem vertical, abastecimento em pleno vôo, etc. Tudo isso respeitando os limites de orçamento e prazos curtos para entrega das primeiras versões, já que seus agentes promotores precisavam de demonstrações convincentes de que o projeto estava avançando. Porém, entre inúmeros outros problemas, uma série de explosões da super turbina do avião, devido a problemas técnicos não bem conhecidos na época, contribuiu para levar o projeto para debate público na imprensa e nos meios políticos, enfraquecendo a posição política dos agentes promotores. O projeto do caça terminou se tornando tema eleitoral, com o partido trabalhista prometendo seu cancelamento em caso de vitória, o que se confirmou posteriormente.

Este exemplo mostra claramente que, mesmo quando os projetos são bem financiados, podem ocorrer inúmeros percalços que alteram totalmente seus rumos. Neste sentido, é comum que grandes projetos terminem por custar muito mais do que o previsto inicialmente (no exemplo acima, o orçamento para o caça já tinha duplicado no início de 1964). Uma explicação é que os promotores de grande projetos tecnológicos tentam garantir apoios importantes ao projeto, no seu início, estimando custos otimistas e prevendo que seu desenvolvimento vá ocorrer de modo tranquilo, o que, na realidade, raramente acontece.

É importante observar que o Estado e seus órgãos geralmente são mais flexíveis em considerações sobre custos que as empresas no mercado. O Estado pode obter, por vezes, certos benefícios que não são 'econômicos' mas que, não obstante, podem ser considerados primordiais. MacKenzie e Wajcman descrevem um excelente exemplo disso: a empresa alemã Farben desenvolveu na Alemanha um processo químico de produção de petróleo sintético. O interesse do Estado alemão era controlar matérias primas estratégicas, especialmente depois que o nazismo assumiu o poder. Quando o petróleo sintético começou a ser produzido, em 1931, custava em torno de 50 pfennigs por litro, enquanto no mercado mundial seu preço era de 5 pfennig por litro (op.cit., p19). Mas apesar disso o Estado alemão garantiu o apoio à Farben. Claramente, considerações de preço não eram as mais importantes. Neste sentido, projetos estratégicos financiados com o apoio do Estado tendem, em geral, a envolver um tipo de cálculo econômico que difere do realizado normalmente pelas empresas no mercado.

Muitos projetos patrocinados pelo Estado são militares. Seu interesse em novas tecnologias tem sido, com frequência, crucial para superar barreiras que seriam, de outro modo, consideradas insuperáveis do ponto de vista de um cálculo econômico racional. Por exemplo, as máquinas ferramentas com tecnologia de controle numérico contaram com o apoio financeiro decisivo da aeronáutica americana por vários anos. De maneira ainda mais crítica, Braum e MacDonald (citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p20) ressaltam o papel fundamental do apoio militar ao desenvolvimento da tecnologia eletrônica dos semicondutores, principalmente nos seus primórdios, quando, pelos

critérios comerciais e técnicos, os dispositivos semicondutores em estado sólido – diodos, transistores e, mais tarde, circuitos integrados – eram de fato inferiores à tecnologia de válvulas então existente. Na segunda parte do presente trabalho, veremos que as tecnologias digitais de telefonia desenvolvidas no Reino Unido e no Brasil contaram com o apoio crucial de seus respectivos Estados.

Não seria correto, no entanto, afirmar que a moldagem pelo Estado está dissociada da moldagem econômica do mercado. O que deve ser observado é que os agentes a que o Estado responde são mais diversificados do que os do mercado. Nesta área, há um debate contínuo sobre os determinantes do Estado (op.cit., p21). Além disso, como apontam MacKenzie e Wajcman, há uma percepção mais ou menos consensual de que não somente a educação básica deve ser fornecida pelo Estado, mas de que também certas tecnologias devem ser promovidas pelo Estado, especialmente, quando o mercado por si só, por alguma razão, não seja capaz ou não deseje tomar a iniciativa (op.cit., p21). Adler, por exemplo, mostra o papel da ideologia nacionalista em iniciativas tomadas pelo Estado em países do terceiro mundo, como Argentina e Brasil, na procura de sua autonomia tecnológica (Adler, 1987).

Outra área em que considerações de custo são fortemente influenciadas pelo ambiente social é a da ‘tecnologia doméstica’. A criação de produtos como a panela de pressão, máquina de lavar, aspirador de pó, geladeira, etc. foi profundamente marcada pelo tipo de cultura familiar a que tais inventos procuram atender. Obviamente, cálculos econômicos são importantes, tanto pelo lado dos fabricantes quanto dos consumidores. Porém, de igual importância, como MacKenzie e Wajcman ressaltam, “foi a prevalência social da família unitária – cuidada por uma única pessoa, geralmente pela mulher e esposa, dona de casa, que essencialmente não recebe ajuda nas tarefas domésticas –, e com a associação desta situação com as metas de privacidade e autonomia, que estruturou a forma criada para a tecnologia doméstica.” (op.cit., p21). Assim, mesmo tendo sido inventadas tecnologias que permitem o uso compartilhado, estes aparelhos foram rejeitados pelos consumidores, mesmo quando a propriedade individual se mostrava, por vezes, patentemente anti-econômica em termos de custo. A cultura do lar

zelado por famílias unitárias teve, e tem ainda, peso marcante nos projetos de aparelhos domésticos.

A tecnologia doméstica nos conduz à identificação de mais um fator social que merece destaque: a divisão de gênero. Tal divisão afeta os processos de inovação de uma maneira muito evidente pelo menos num aspecto: a diferença de salários entre mulheres e homens para um mesmo trabalho (op.cit., p22). Neste sentido, Cowan mostra que o papel reservado às mulheres na sociedade ainda é subalterno. O valor do trabalho masculino é maior do que o feminino para o mesmo tipo de trabalho. Os empregadores podem buscar formas de inovação tecnológica que lhes possibilite substituir trabalhadores homens sindicalizados por trabalhadoras mulheres, mais baratas e não-sindicalizadas; ou ainda, que lhes permite diminuir o ritmo de adoção de tecnologias em áreas onde há um grande número de trabalhadoras, uma vez que, em certos casos, a mão de obra barata das mulheres é vantajosa em relação a certas tecnologias (Cowan, 1985, p181).

Mais importante ainda é ressaltar que a própria definição de tecnologia já traz embutida a cultura machista e de exclusão das mulheres das atividades ditas “masculinas”. Cockburn mostra claramente que certas atividades profissionais executadas geralmente por mulheres, como a costura e a tecelagem, por exemplo, requerem grande experiência, destreza manual e, muitas vezes, planejamento e cálculos. No entanto, tais atividades não são consideradas normalmente como ‘tecnologias’. Por isso, Cockburn afirma que a tecnologia “é tanto uma propriedade social quanto um processo de formação dos homens” (Cockburn, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p22).

Em resumo, a importância de todos estes fatores, sociais e técnicos, bem como de suas estruturas e dinâmicas, se deve ao fato de que eles delimitam o espaço e o tempo onde as pesquisas ocorrem e influenciam a direção dos esforços de pesquisas, além, é claro, de que contribuem com o imprescindível suporte científico e econômico para sua continuidade até a implementação de alguma tecnologia. Ou, dito de outra forma, uma vez que a tecnologia resultante incorpora nas suas características técnicas os interesses

dos agentes sociais que participaram ou influenciaram no processo de sua moldagem, o exame do processo de definição dessas características nos fornecem a pista sobre os problemas, estratégias e objetivos – explícitos ou velados – dos grupos sociais envolvidos na geração de determinada tecnologia.

I.4 - Modelo interativo da moldagem social da tecnologia

A importância de um modelo se deve ao fato de que ele serve para caracterizar, de uma forma mais generalizada, o processo de inovação tecnológica; assim, ele pode servir para orientar o pesquisador, apontando ou sugerindo os pontos a serem observados e analisados. Neste sentido, o modelo revela as características gerais da abordagem ou método de análise.

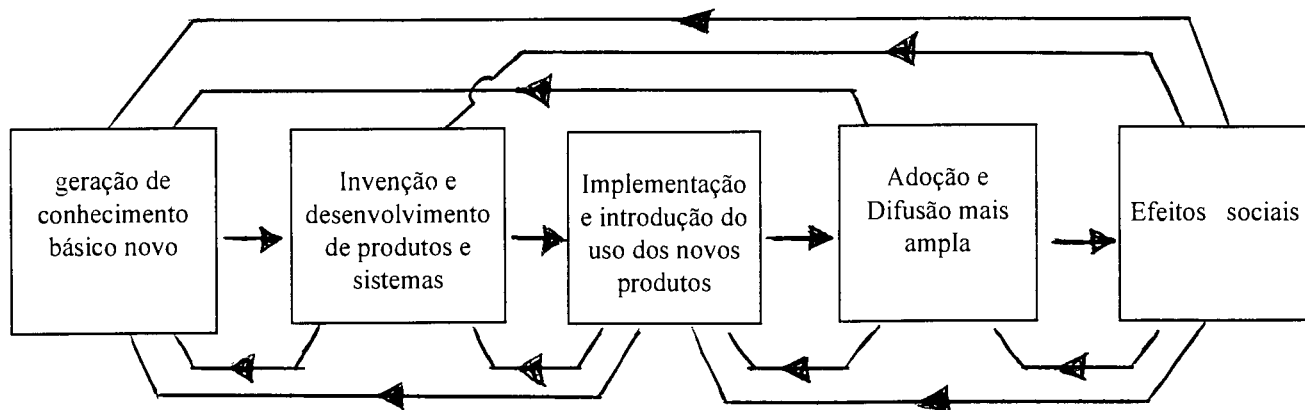
O modelo tradicional, por exemplo, não “enxerga” devidamente nem o papel dos fatores sociais nos vários estágios de inovação, nem as diversas interações entre todos estes fatores e estágios. Neste sentido, ele representa um modelo linear onde a tecnologia é descrita como ‘ciência aplicada’, e emerge como se fluísse por uma trajetória sequencial – a partir da ciência básica, passando pela pesquisa aplicada, depois pela implementação em produtos comerciais e, finalmente, pela adoção e difusão no mercado. Cada estágio (ciência básica, invenção, aplicação, implementação, adoção, aceitação, difusão, etc) é analisado separadamente dos demais. Assim, geralmente “é no estágio da ‘invenção’ que a tecnologia tende a ser considerada como ‘fixa’ ou como ‘caixa-preta’. O mercado então opera um processo de ‘seleção natural’ sobre estes oferecimentos arbitrários, ‘escolhendo’ aqueles que mais se encaixam em suas demandas. Estes artefatos, já estabelecidos, são então difundidos e provocam impactos sobre a sociedade, organização do trabalho, sistemas de produção, qualificações, e assim por diante.” (Williams & Edge, 1992, p16).

O modelo da moldagem social, em contraste, orienta os pesquisadores no sentido de mostrar que os vários estágios de inovação não são nem sequenciais e muito menos são isolados entre si. Eles interagem mutuamente durante todo o processo, com a sua forma se parecendo mais com a de uma ‘espiral’. Cada estágio pode envolver diversas

atividades que geram novos conhecimentos e estes, por sua vez, podem influenciar todos os outros estágios. Assim, inovações cruciais podem ocorrer tanto na fase de invenção, quanto na de implementação ou de difusão, e tais inovações realimentam todo o processo nos passos posteriores da mudança tecnológica (op.cit., p16). Por exemplo: o estágio de ‘difusão’ do sistema elétrico de Edison, relacionado com seu custo, retroalimentou o estágio de ‘pesquisa aplicada’ sobre o filamento elétrico da lâmpada, influenciando então decisivamente o estágio de ‘invenção’ da lâmpada adequada ao sistema em desenvolvimento.

Uma representação possível para este modelo não linear é a adição ao modelo tradicional de retro-alimentações de cada estágio para todos os outros, tal como sugere Edge, na Figura I.1 abaixo (Edge, 1995, p20). O modelo, claro está, não é mais que uma representação simplificada deste processo interativo. A própria definição desses estágios é problemática, pois muitos deles se encontram com frequência misturados, não havendo uma distinção absoluta entre eles.

Figura I.1 - Modelo não linear de inovação



O modelo da moldagem social, portanto, orienta a análise da mudança tecnológica de modo a visualizá-la como um processo social e técnico. Suas características básicas podem ser resumidas como se segue (Williams & Edge, 1992, p17):

- a) a inovação é uma atividade social complexa, que envolve diversas negociações e conflitos, bem como a resolução de problemas técnicos; que envolve processos de

articulação de interesses e de aprendizado, em que diversos atores possuem várias especializações;

- b) a inovação é um processo interativo, ou em espiral, que ocorre por meio de interações numa rede de atores;
- c) tudo isso pode então resultar em diferenças significativas nas características e na forma final da tecnologia criada.

Em resumo, tendo apresentado e ilustrado uma série de fatores relevantes, bem como discutido um modelo geral do processo de moldagem social, buscaremos agora examinar especificamente os instrumentos de análise destes fatores sociais e técnicos, ou seja, os métodos ou as abordagens sócio-técnicas a que os analistas recorrem com o propósito de esclarecer os processos de inovação tecnológica. No exame dos fatores sociais e do modelo da moldagem social já se vislumbram alguns destes enfoques. Focalizaremos tais abordagens, agora de modo mais sistemático, examinando as origens intelectuais das principais correntes de pesquisas que lidam com a moldagem social da tecnologia.

I.5 - Origens da ‘moldagem social da tecnologia’ e seus principais enfoques

Utilizarei aqui como fio condutor a revisão realizada por Williams e Edge sobre os trabalhos efetuados no campo da Moldagem Social da Tecnologia. Embora esta revisão se concentre nas pesquisas realizadas no Reino Unido, elas espelham de um modo geral, como afirmam seus autores, os enfoques utilizados na Europa. Tais trabalhos e enfoques podem ser classificados segundo sua origem intelectual (Williams & Edge, 1992):

- a) Sociologia do Conhecimento Científico;
- b) Sociologia das Organizações Industriais;
- c) Estudos Críticos de Política Tecnológica;
- d) Economia da Mudança Tecnológica.

O objetivo agora é o de examinar como os fatores sociais são organizados e/ou considerados. Isto é, como eles são visualizados, uma vez que cada enfoque particular

pode atribuir a tais fatores diferentes pesos explanatórios, de acordo com certa visão do processo, que exige então certo instrumental analítico. Isto significa, na prática, que cada tipo de abordagem ‘faz uma escolha’ do ponto de partida e dos instrumentos conceituais teóricos para a análise da tecnologia, com os quais os vários fatores passam a ser relacionados e explicados. Iremos aprofundar estas considerações examinando alguns enfoques.

I.5.a - Sociologia do conhecimento científico

A primeira corrente, denominada ‘Sociologia do Conhecimento Científico’ (SCC), deu origem a diversos enfoques que procuram examinar o campo da ciência e tecnologia a partir da sua concepção em universidades, laboratórios e departamentos de P&D. Eles se baseiam numa abordagem empregada na história e sociologia da ciência, que consiste no estudo do desenvolvimento de um campo científico, dentro do qual se busca identificar pontos de ‘flexibilidade interpretativa’ onde ambiguidades estão presentes. Após a identificação de tais ‘bifurcações’, o pesquisador tenta explicar porque certa interpretação foi aceita como verdade científica. Este processo é chamado de ‘fechamento’ (closure). A hipótese básica assumida, notabilizada no ‘Programa Forte’ da SCC (Bloor, 1976, 1984), é que a explicação sobre as interpretações em luta deve ser imparcial quanto à verdade ou falsidade das crenças sob investigação. É o chamado ‘princípio de simetria’ em relação à verdade científica. Em outras palavras. “todas as reivindicações de conhecimento científico devem ser tratadas simetricamente, explicando-se sua criação ou aceitação em termos sociais, mais do que por referência ao mundo natural” (Williams & Edge, op.cit., p7).

O exemplo clássico nesta área é o da disputa entre duas teorias químicas: uma, baseada no ‘flogisto’, era defendida por Priestley; e a outra, baseada no ‘oxigênio’, foi desenvolvida pelo famoso Lavoisier, no final do século XVIII (Conant, 19??). A teoria do flogisto – um ‘fluido’ que existiria em metais e outras substâncias – explicava uma série de fenômenos químicos relacionados principalmente com os metais e seus óxidos. Sua existência não podia ser comprovada diretamente, porém por meios indiretos “se deduzia” a sua presença. Lavoisier desenvolveu então, gradualmente, uma teoria

relativamente mais simples que, além de explicar os mesmos fenômenos químicos e outros ainda não bem explicados, também demonstrava a existência concreta do elemento oxigênio. Toda esta história ocorreu, é importante ressaltar, rodeada por eventos históricos radicais: a revolução na química era contemporânea às revoluções americana e francesa, e aos primórdios da revolução industrial. Priestley e Lavoisier estavam ambos envolvidos na revolução francesa, sendo que o último morreu na guilhotina no período do terror. “As interconexões entre estas revoluções – científica, industrial, política e social – estão longe de serem simples. O estudo das vidas de Priestley, Lavoisier (...) nos oferecem um bom retrato do ‘status’ das atividades científicas neste período.” (op.cit., p286). A sociologia do conhecimento científico procura verificar e entender como este ambiente social contribuiu decisivamente para moldar os problemas, suas interpretações e as soluções teóricas desenvolvidas, bem como o resultado final: o abandono da teoria química baseada no flogisto.

Assim, havendo estabelecido a construção social da verdade científica, a SCC procurou estender esta abordagem para o exame da inovação e dos artefatos tecnológicos. Aqui também as análises tentam identificar as situações onde tecnologias poderiam ter sido projetadas em mais de uma maneira – por exemplo, controle numérico ou repetição gravada (caso discutido anteriormente) –, examinando o processo de escolha entre opções técnicas diferentes e tentando, assim, explicar porque certa maneira de projetar triunfou. Tal escolha, obviamente, não se reduz a uma questão meramente técnica. O projeto do artefato é moldado por um ‘ambiente de seleção’ particular, onde fatores sociais desempenham papel chave nas explicações sobre o sucesso ou fracasso do artefato tecnológico em estudo. Neste ‘ambiente de seleção’ se encontram os ‘grupos sociais relevantes’, que entram em conflitos, negociam e realizam o ‘fechamento’ (closure) do projeto. Um caso emblemático, analisado por este tipo de abordagem, é o da história da criação das bicicletas atuais, que foram desenvolvidas num processo gradual desde o final do século passado, atingindo sua forma atual com pneumático no início deste século (Pinch & Bijker, 1987).

Estas abordagens têm sido apresentadas como oferecendo uma ‘nova sociologia da tecnologia’ (op.cit., 1987). Vários de seus proponentes são bastante influenciados

pelas teorias ator-rede, em particular pelo programa de pesquisas conduzido por Michel Callon e Bruno Latour na ‘École des Mines’, em Paris (Williams & Edge, 1992, p7). Uma característica importante destes enfoques é que a análise se processa ‘de dentro para fora’, da tecnologia e/ou seu projeto para o contexto exterior que o molda (Edge, 1995). Assim, eles enfatizam o papel daqueles atores que estão em contato mais direto com a construção da tecnologia, demonstrando seu papel fundamental na intermediação dos diversos fatores sociais. Por outro lado, os enfoques desta corrente apresentam dificuldades para explicar o processo de ‘fechamento’ (closure), pois as possibilidades de flexibilidade interpretativa na área tecnológica parecem tornar-se infindáveis, uma vez que tal processo envolve com frequência diversos tipos de agentes e áreas da sociedade (Williams & Edge, op.cit., p8). Estes dois autores salientam, em particular, que os estudos baseados nas teorias ator-rede “são céticos quanto à natureza e à influência das estruturas econômicas e sociais mais amplas de poder e interesses, insistindo que atores criam um mundo novo..., e implicando, com isso, que tecnologias (e sistemas sociais em geral) são altamente maleáveis aos atores locais” (op.cit., p8). Tais estudos tendem, igualmente, a ter dificuldades de lidar com as características mais duradoras das estruturas sociais. Não por acaso, as pesquisas realizadas com enfoques de rede se mostram mais adequadas para a análise de tecnologias nascentes, onde o contexto institucional se apresenta incerto e não cristalizado (Russell & Williams, 1988). Alguns enfoques dessa corrente serão objeto de análise mais detalhada no próximo capítulo.

Resumindo, a estratégia analítica desta corrente de estudo procura, de um modo geral, focalizar uma tecnologia em particular, a partir da qual são analisados os problemas sociais e técnicos de sua moldagem, bem como seu contexto mais amplo. Neste tipo de abordagem há uma forte preocupação em integrar os diversos fatores sociais e técnicos.

I.5.b - Sociologia das organizações industriais

A segunda corrente, ‘sociologia das organizações industriais’, focaliza a influência das relações de trabalho – em especial, os atritos entre capital e trabalho –

sobre o controle da produção e, assim, sobre a mudança tecnológica, campo este onde interesses e conflitos sócio-econômicos pontificam nitidamente como os fatores relevantes. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman sugerem que “a natureza da tecnologia de produção num sistema capitalista é tal que, incorpora a necessidade do *controle* capitalista sobre os trabalhadores, e este é um dos seus fatores determinantes.” (op.cit., p17). Além do atrito mais direto entre capitalistas e trabalhadores, as pesquisas desta corrente examinam também a influência dos vários conflitos entre empregados dentro das organizações, a maioria deles devido às subdivisões da hierarquia organizacional em que estão localizados, indo desde trabalhadores menos qualificados até gerentes e executivos, passando por empregados com as mais variadas qualificações.

Enfoques desta corrente receberam grande influência do trabalho de Braverman (1974), “que ‘redescobriu’ a análise marxista sobre o ‘processo do trabalho’. Ele salienta o modo como a mudança tecnológica tem sido projetada para se apropriar da qualificação da força de trabalho, eliminando a necessidade de trabalhadores qualificados e, portanto, ampliando o controle do capital sobre o processo de produção” (Williams & Edge, 1992, p8). Trabalhos posteriores realizados sob esta orientação mostram, no entanto, a natureza contraditória de iniciativas tomadas na direção da desqualificação do trabalho, revelando uma realidade mais complexa de diversos interesses que coexistem dentro das organizações, relacionados com a distribuição do conhecimento entre seus diferentes grupos profissionais. Neste sentido, maior atenção tem sido direcionada para a análise da divisão do trabalho no desenvolvimento e uso de tecnologias, das formas de mobilização de interesses, dos conflitos inerentes ao processo de inovação tecnológica, do papel do conhecimento científico e tecnológico, e da interação entre conhecimento e poder (op.cit., p9).

Naturalmente, o espaço da fábrica é uma das áreas mais estudadas por esta corrente. Uma ampla gama de estudos de caso documentam e analisam a clara conexão existente entre o processo de mudança dos padrões das relações industriais e o processo da mudança tecnológica. Um caso clássico nesta área é o das máquinas-ferramentas de controle numérico, já mencionado acima. Na área da tecnologia de telefonia, uma ampla pesquisa – realizada com o patrocínio do Escritório Internacional do Trabalho, com sede

em Genebra (Bolton et al., 1991) –, procurou relacionar as inovações tecnológicas dos equipamentos de telefonia com as mudanças das relações de trabalho nas empresas telefônicas de diversos países, que eram em sua maioria monopólios estatais, e estavam em processo de privatização durante a década de 80. Como afirma este autor, “de um modo geral, a inovação tecnológica altera a organização do trabalho (e, portanto, os padrões das relações industriais) através da substituição de grandes grupos de trabalhadores por um número extenso de grupos menores que apresentam novos e diferentes perfis de qualificação.”(op.cit., p4).

Em contraste com os enfoques nascidos da SCC, nesta corrente o ponto de partida não é uma tecnologia particular e/ou o seu projeto, mas um tipo de contexto social particular pré-existente – especificamente, o das relações sociais de produção – a partir do qual se procura relacionar os demais fatores e, assim, examinar o processo de mudança técnica. Deste modo, a análise se processa ‘de fora para dentro’, do contexto social para a tecnologia que será criada e que vai sendo gradualmente moldada.

Williams e Edge ressaltam, porém, que poucos estudos nesta área questionam mais diretamente as características da tecnologia, que costumam ser consideradas como dadas. Um bom exemplo disso é o estudo na área de telecomunicações, mencionado logo acima, em que opções tecnológicas diferentes – tecnologia semi-eletrônica ou digital, por exemplo – não são consideradas do ponto de vista de suas implicações, possivelmente diferentes, para o nível de emprego, mudanças nos perfis de qualificação e, portanto, nas relações de trabalho. Assim, esse estudo não aprofunda o exame das relações entre a mudança nas relações de trabalho, tanto nas companhias telefônicas quanto nas empresas fabricantes de equipamentos, e o processo de moldagem dos novos sistemas de telefonia – ainda que esta influência provavelmente devesse ocorrer apenas de forma indireta, uma vez que não havia participação direta e qualificada dos trabalhadores nos projetos dos novos equipamentos de telefonia.

Resumindo, a estratégia analítica desta corrente centra-se no exame das estruturas, relações e conflitos sociais de produção e organizacionais, já existentes e

geralmente institucionalizados, e a partir disso, busca-se relacionar tais dinâmicas com as atividades de geração e implementação de novas tecnologias.

I.5.c - Estudos críticos de política tecnológica

Nesta terceira corrente de pesquisas os fatores sociais analisados estão relacionados com as instituições que promovem políticas tecnológicas. Nesta área o Estado e os órgãos governamentais envolvidos com ciência e tecnologia apresentam papel destacado. Porém, contrastando com o enfoque tradicional de estudos de política tecnológica, que simplesmente procura fornecer subsídios para sua consecução, os pesquisadores desta corrente utilizam uma abordagem próxima da 'economia política' (op.cit., p9), uma perspectiva compartilhada por muitos analistas da sociologia industrial. Nesta direção, eles procuram desvendar e entender as forças políticas e econômicas subjacentes à criação e implementação de políticas tecnológicas (op.cit., p9).

Os trabalhos nesta área ocupam-se tanto com indivíduos e organizações que estão diretamente envolvidos com o desenvolvimento de novas tecnologias, quanto com o contexto institucional e social mais amplo – incluídas aí as estruturas do Estado e do mercado e suas dinâmicas, bem como a legislação e cultura de cada país –, indiretamente presentes no processo de geração tecnológica, procurando explicar as situações particulares de certas tecnologias bem como as características gerais de sistemas tecnológicos.

Molina, em particular, analisa a formação e evolução de alianças históricas entre grupos com interesses comuns em torno de determinada tecnologia, os 'constituintes sociotécnicos' (Molina, 1990), que se associam para apoiar o desenvolvimento de certa tecnologia. Por exemplo, no terreno da tecnologia de centrais telefônicas, o departamento de correios e telefones do Governo britânico (BPO), as cinco empresas fabricantes de equipamentos e os departamentos de P&D do Governo e empresas formaram uma aliança para desenvolver e comercializar uma tecnologia eletromecânica,

denominada ‘Strowger’, produzida desde os anos 20 até a década de 70, para suprir os mercados do Reino Unido, de suas colônias e da Comunidade Commonwealth.

Nesta área, comparações trans-nacionais fornecem preciosos subsídios para se avaliar a influência de formações sociais particulares sobre características específicas de determinadas tecnologias. Na segunda parte do trabalho, farei uso dessas comparações para analisar o caso das tecnologias digitais de centrais públicas de telefonia, desenvolvidas na Suécia, Reino Unido e Brasil.

Os enfoques desta corrente, em resumo, focalizam e analisam as estruturas do Estado, seus órgãos, bem como as forças sociais que influenciam sua estratégia e ação, terreno a partir do qual se analisam as políticas econômicas e tecnológicas resultantes, as iniciativas em áreas tecnológicas específicas e os demais fatores sociais, como o mercado, as instituições de pesquisa, os movimentos sociais e políticos, assim como o papel da cultura específica de cada país.

I.5.d - Economia da mudança tecnológica

Nesta última corrente, a mais ampla, as várias escolas de pensamento diferem nas suas abordagens de como teorizar a tecnologia e sua importância como variável explanatória. Nem todos os estudos assumem com clareza que a inovação tecnológica seja moldada economicamente embora, em geral, reconheçam que a tecnologia influencia a atividade econômica. A economia neo-clássica, por exemplo, utiliza um enfoque ‘instrumentalista’, sustentando que a tecnologia surge tão logo haja uma demanda do mercado (Coombs et al., 1987). Este tipo de enfoque “trata a tecnologia como se fosse altamente flexível no seu desenvolvimento e disponível para todos a qualquer momento. A forma e as características da tecnologia não são examinadas detalhadamente.” (Williams & Edge, 1992, p10). Como afirmam estes autores, tal tipo de abordagem pouco tem a contribuir para as pesquisas da moldagem social da tecnologia.

Por outro lado, as idéias de Schumpeter sobre inovação tecnológica têm sido aproveitadas como fonte de inspiração em diversos trabalhos, porque elas vão além do

puro cálculo econômico racional (MacKenzie & Wajcman, 1985, p15). Alguns destes trabalhos procuram explicar os padrões de longo prazo nas inovações e atividade econômicas (Freeman et al, 1982). Seus enfoques utilizam idéias emprestadas da sociologia da ciência, em particular a noção kuhniana de ‘paradigma’, para explicar aqueles padrões em termos de mudança de paradigmas (Williams & Edge, 1992, p11). Embora alguns trabalhos tenham sido criticados, do ponto de vista da moldagem social da tecnologia, por sua tendência a tratar a tecnologia de maneira muito generalizada, na verdade seus enfoques enfatizam a interação existente entre o avanço científico e técnico e a demanda econômica e social – interação esta concebida como processo contraditório onde não há um triunfo determinístico de um sobre o outro (op.cit., p11).

Numa linha similar, também inspirada em Schumpeter, estão os estudos que desenvolvem modelos ‘evolutivos’ da inovação, influenciados pelos trabalhos de Nelson e Winter nos EUA. Seus enfoques focalizam mudanças tanto graduais quanto radicais de produtos e processos (op.cit., p11). Nessas análises o mercado é concebido como um ambiente seletivo construído socialmente, que pode favorecer a sobrevivência de determinadas tecnologias em detrimento de outras. Assim, algumas pesquisas buscam examinar a existência de padrões de inovação, já que um contexto social e econômico particular pode padronizar uma série de inovações (Dosi, 1982). Por exemplo, uma vez que o sistema de energia elétrica (construído por Edison) tendia a se expandir, na medida em que havia interesses econômicos e sociais apoiando tal expansão. uma série de inovações do sistema de transmissão elétrica foi ‘padronizada’ pelo ambiente seletivo particular – tanto técnico como econômico e social – dos Estados Unidos no início do século XX (MacKenzie & Wajcman, op.cit.). Isto resulta em períodos de estabilidade, descritos como ‘trajetórias tecnológicas’ (Williams & Edge, 1992, p11), durante os quais as inovações surgem de alterações incrementais do sistema tecnológico existente, de forma evolucionária, condicionadas por um pacto de forças econômicas e elementos técnicos, isto é, pelo ‘paradigma tecno-econômico’ (op.cit., p11). Assim, as trajetórias tecnológicas representam o desdobramento de dado paradigma. O modelo de Dosi (1982) considera também as descontinuidades e os períodos de inovação radical, quando ocorrem as mudanças no paradigma tecnológico básico.

Porém, como frisam Williams e Edge, a manutenção desse pacto social e técnico – um conjunto estável de forças sociais, econômicas e técnicas que permitem manter uma direção determinada no desenvolvimento tecnológico – se mostra problemática (op.cit., p12). Algumas pesquisas examinaram o grau em que certos paradigmas tecnológicos da organização do trabalho estavam embutidos no projeto e na implementação de algumas aplicações industriais da tecnologia de informação (Fleck et all, 1990), e não encontraram nenhuma trajetória clara, nem mesmo um único paradigma. “Mesmo quando parecia haver princípios claros no projeto de uma tecnologia particular, havia forças que faziam frustrar a trajetória esperada na sua implementação.” (Williams & Edge, 1992, p12). Fleck demonstra especificamente que haviam tensões entre a concepção e a implementação da tecnologia, o que resultava em fragmentação ou reversão das trajetórias técnicas. Assim, a existência de trajetórias ou paradigmas não se encontra assegurada permanentemente, pois as forças que se juntam e negociam a moldagem da tecnologia não são estáveis ou harmônicas, mudam com o tempo e são, muitas vezes, contraditórias.

Nesta última corrente, em resumo, a estratégia analítica concentra-se no exame dos processos e dinâmicas do mercado – onde este é visto como um ambiente moldado socialmente, em que ocorrem negociações e a formação de pactos em torno de determinados objetivos, envolvendo algumas organizações ou amplos setores da sociedade –, terreno a partir do qual se analisam suas relações com as atividades de inovação tecnológica e com as demais influências sociais.

Por fim, é necessário chamar a atenção para o seguinte aspecto: cada uma destas correntes representa apenas o ponto de partida de vários enfoques. Assim, eles não estão atados permanentemente a sua origem acadêmica e podem associar idéias e conceitos de outras correntes e enfoques. Por exemplo, como foi visto acima, o enfoque ‘econômico’ de Dosi utiliza a noção de ‘paradigma’, criado e utilizado na ‘sociologia do conhecimento científico’. Neste aspecto, é importante ressaltar que as abordagens que partem das estruturas sociais mais amplas procuram depois direcionar a atenção para os processo locais de inovação, enquanto os enfoques que partem do exame destas

situações locais se encaminham posteriormente para a análise dos processos sociais mais amplos.

I.6 - Conclusão

Todas essas correntes e abordagens “estão unidas por uma postura crítica frente ao determinismo tecnológico e, portanto, pela afirmação de que a ‘caixa-preta’ das tecnologias deve ser aberta de modo a permitir que os padrões sócio-econômicos presentes tanto nas características das tecnologias quanto nos processos de inovação sejam revelados e analisados ... Os estudos da moldagem social da tecnologia mostram que esta não se desenvolve de acordo com uma lógica técnica interna (ou qualquer outra racionalidade única, tal como a de um ‘imperativo econômico’). Pelo contrário, cada estágio de geração e implementação de novas tecnologias envolve um conjunto de escolhas entre diferentes opções técnicas. Ao lado de considerações estritamente técnicas, uma ampla gama de fatores sociais afetam a seleção das opções e, assim, influenciam as características das tecnologias e suas implicações sociais.” (Williams & Edge, 1992, p2).

Concluindo, abordamos neste capítulo uma série de fatores sociais relevantes e alguns dos principais enfoques que utilizam tais fatores e orientam o analista em suas pesquisas. O passo seguinte será a análise de algumas diferenças básicas entre os enfoques utilizados neste campo, procurando-se delimitar seus aspectos construtivos e suas limitações. Investigaremos então caminhos alternativos que permitam aproveitar as contribuições positivas dos enfoques precedentes e evitar suas debilidades mais patentes.

Capítulo II

Análise dos Enfoques da Moldagem Social da Tecnologia

II.1 - Introdução

Uma das questões mais difíceis de serem trabalhadas pelos pesquisadores que utilizam fatores sociais em suas análises sobre os processos de mudança tecnológica é a maneira mais adequada de lidar com os fatores sociais e técnicos. Se, por um lado, a noção intuitiva destes fatores é empiricamente evidente e eles sejam fáceis de serem documentados e examinados, por outro lado, não é evidente, de modo algum, a maneira mais apropriada de abordá-los, defini-los e classificá-los, segundo certa ordem de importância e dentro de um quadro analítico coerente. Pode-se dizer que essa também é uma área de estudos que depende de fatores sociais. Sua natureza complexa, multiforme e em estado de mutação permanente transforma com frequência as pesquisas sobre mudanças tecnológicas num debate em torno de como a sociedade funciona. Não é por acaso que MacKenzie e Wajcman advertem que “responder à questão dos efeitos de uma tecnologia particular sobre a sociedade [e vice-versa] requer que se tenha uma boa teoria de como a sociedade funciona. A simplicidade da questão é enganadora. Respondê-la de maneira apropriada demanda frequentemente um entendimento das dinâmicas *globais* de uma sociedade. e isto é uma das questões mais difíceis de serem respondidas” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p6). Nesta mesma linha de preocupação, Williams e Edge questionam: “... após simplesmente constatar que as tecnologias são ‘socialmente moldadas’ muitas questões permanecem em aberto: qual a natureza das forças-chave que moldam a tecnologia? onde e através de que processos elas operam? e quais são os níveis e quadros de referência adequados para sua análise?” (Williams & Edge, 1992, p2)

Com essas questões em mente, pretendo abordar neste capítulo alguns dilemas teóricos que perpassam os enfoques que seguem a orientação geral da Moldagem Social da Tecnologia e examinar suas diferenças principais em termos de estratégia analítica, bem como algumas de suas inadequações. O termo ‘abordagem’ é entendido aqui como um instrumento ou método de análise – uma espécie de “óculos” – que permite “enxergar”, de um modo ou de outro, os diversos aspectos da realidade técnica e social¹.

Em termos da sequência da discussão, analiso inicialmente algumas controvérsias desse campo de estudos, utilizando como base o artigo de revisão de Williams e Edge (op.cit.), já mencionado no Capítulo I. O propósito dessa discussão é esclarecer a relevância de se hierarquizar os fatores sociais e técnicos, pois tal ordenação está quase sempre acoplada com a perspectiva social particular que o analista apresenta e, por consequência, seus enfoques irão espelhar esse ordenamento e visão específica da sociedade (Carr, 1961).

Prossigo a discussão desenvolvendo uma sugestão de Edge de como dividir e classificar as abordagens da Moldagem Social da Tecnologia. As duas perspectivas sugeridas por Edge, a ‘externalista’ e a ‘internalista’ (Edge, 1995), serão então tema de análise crítica, sendo que a última delas será examinada mais profundamente devido à repercussão destacada que alcançou desde a década passada.

II.2 - Alguns dilemas teóricos da Moldagem Social da Tecnologia

Como busquei deixar claro no capítulo inicial, os vários tipos de abordagens utilizam diferentes pontos de partida para as suas análises, e estes em geral estão associados às suas origens acadêmicas – economia, sociologia, história, entre outras. Isso traz, claro está, repercussões sobre o tipo de método de análise empregado e gera certas divergências entre as várias tendências do campo maior da Moldagem Social da Tecnologia. Algumas são de pouca monta, mas outras têm provocado polêmicas

¹ Devo essa excelente metáfora ao professor José Manoel, quando tentava precisar o que entendia por ‘abordagem’ ou ‘enfoque’.

acirradas (Williams & Edge, 1992). Estes autores resumem essas divergências em três pontos-chave: a) a questão de como lidar com ‘o técnico’; b) o problema de como ‘se conhece’ a tecnologia; c) e a questão da escolha do foco de análise entre os níveis ‘micro’, ‘meso’ ou ‘macro’. Há, também, um quarto ponto que me parece de extrema relevância. É a questão de como ordenar os fatores sociais e técnicos, que, em parte, engloba as três primeiras controvérsias, como desejo mostrar adiante.

O primeiro ponto-chave se relaciona com a maneira de lidar com os fatores técnicos, isto é, com ‘o técnico’. A controvérsia gira em torno, mais precisamente, do grau de realismo (ou relativismo) que se deve atribuir aos fatores técnicos (vistos sob a forma de ‘conhecimento’), ou seja, até que ponto as características técnicas dos artefatos devem ser visualizadas como dadas (ou objetivas) nas análises do desenvolvimento tecnológico.

Uma vez que na Moldagem Social da Tecnologia se considera que as características técnicas da tecnologia são socialmente construídas, a natureza do ‘técnico’ seria, por essa ótica, sempre dependente de um conjunto dinâmico de crenças sociais sobre as propriedades do mundo natural e técnico. Tal argumento conduz o debate para a discussão do caráter relativo e provisório do conhecimento científico e, por consequência, dos fatores técnicos, que nunca podem ser apreendidos integralmente, pois sempre haverá divergências sobre aspectos da natureza do conhecimento técnico, dada sua gênese social, sempre provisória e em transformação constante. O resultado desse tipo de visão, se o levarmos ao limite, é um mundo extremamente subjetivista, onde não há lugar para fatores objetivos.

Em contraposição a essa visão relativista, duas tendências principais se manifestaram. Uma delas é melhor representada pelos teóricos da escola francesa, Callon e Latour, “que estenderam sua análise das redes sociais dos atores da inovação, para incluir atores não-humanos. Eles introduziram a categoria de actantes, que interagem e condicionam o desenvolvimento de redes; estas incluem atores humanos [...], bem como atores não-humanos, tais como micróbios, mariscos, elétrons, circuitos integrados e suas propriedades físicas.” (Williams & Edge, op.cit., p27). Estes autores

esperam, com a inclusão dos 'actantes', re-equilibrar as análises sobre a geração tecnológica, na medida em que os fatores técnicos – vistos como atores não-humanos – não se tornam totalmente dependentes dos fatores sociais. Ou seja, os fenômenos naturais apresentam relativa autonomia em relação aos sociais².

A outra tendência também busca afirmar a relativa autonomia do mundo natural é técnico, mas por uma via pragmática. Do ponto de vista dos estudos de política tecnológica, um método de análise útil, na prática, deve assumir uma visão mais realista das relações entre a tecnologia e a sociedade e admitir que as propriedades do mundo natural e as características técnicas dos artefatos possam ser vistas de forma mais objetiva (op.cit., p27). A idéia básica é a de que, se por um lado as características dos artefatos tecnológicos não são responsáveis por mudanças sociais de modo determinístico – pois podem ser definidas, construídas e empregadas de diversas maneiras, em vários contextos sociais e com variados resultados –, por outro lado, certas tecnologias podem de fato estruturar e alterar as bases sobre as quais os agentes humanos interagem. Lembro, por exemplo, a ponte de 'Long Island' em Nova York, construída para discriminar pobres e negros (ver Capítulo I). Outro exemplo simples e claro é o das relações de trabalho numa empresa que tenha adotado um sistema de informatização centralizador, que concentra as informações-chave da companhia e as torna acessíveis somente à diretoria. Tais artefatos ou tecnologias não determinam a reação dos agentes sociais, mas sem dúvida moldam as condições sobre as quais estes interagem, permitindo a certos agentes maior ou menor poder de ação. Esta é a visão intuitiva que tem prevalecido na maioria dos estudos empíricos realizados na área. Seus pesquisadores “empregam uma concepção pragmática da tecnologia, em que lidam tanto com a natureza socialmente negociada das suas características, quanto com suas propriedades materiais 'dadas' – uma posição que poderíamos chamar de 'realismo modificado'.”(op.cit., p28)

Essa polêmica sobre o grau de realismo/ relativismo dos fatores técnicos nos conduz a uma segunda controvérsia: a de 'como conhecemos as tecnologias'. Woolgar,

² Numa variante menos polêmica e mais simples, Law (1988) chama esta autonomia relativa dos fenômenos naturais de 'obduracy' (teimosia), já Molina (1990), de 'moldabilidade'.

em particular, aplica a metodologia relativista da sociologia do conhecimento científico às próprias pesquisas realizadas na área científica. Isso o leva a concluir que pode haver uma multiplicidade de possíveis análises de qualquer evento, aí incluído o processo de geração tecnológica. Como Edge e Williams assinalam, o resultado disso é uma perspectiva profundamente relativista. O problema é que tal visão termina negando a relevância das pesquisas da área e sua utilização prática, por exemplo, em políticas tecnológicas. “De um lado, tal relativismo radical enfraquece o conteúdo das pesquisas no sentido da sua utilização; de outro, paradoxalmente, encoraja também um tal ceticismo em relação às estruturas existentes de poder e interesses, que pode desestimular os pesquisadores de analisar e de se responsabilizar pelas maneiras com que o conhecimento pode ser usado pelos diferentes grupos sociais.” (op.cit., p29).

O terceiro ponto de discórdia entre os enfoques da área, o do nível de análise mais adequado (micro ou macro), tem apresentado alguns sinais de convergência em anos recentes. As abordagens macro-teóricas (enfoques neo-marxistas, por exemplo) já não se limitam a relacionar as tecnologias com as estruturas econômicas, relações sociais e interesses políticos mais amplos, e buscam ir além, tentando examinar os processos locais em que essas influências maiores incidem. Por seu turno, os enfoques micro-teóricos (abordagens construtivistas, por exemplo), que iniciam suas análises no nível das interações entre indivíduos e grupos, procuram alcançar um nível de análise mais alto para explicar também as estruturas sociais mais duradouras da sociedade. Porém, como Edge e Williams salientam, “estes dois grupos oferecem então explicações conflitantes no nível ‘meso’ da atividade social” (op.cit., p26). Isso aponta, creio, para algo mais do que uma mera divergência do ponto de partida mais adequado para a análise, como se verá no Capítulo III.

O quarto ponto, finalmente, é o da ordenação dos fatores sociais e técnicos. Creio que esta questão é a mais ampla delas, pois generaliza a problemática das diversas formas possíveis de hierarquizar os fatores sociais e técnicos de acordo com diferentes critérios de importância relativa ou influência decisiva. Por exemplo, a discussão sobre o grau de realismo do fator ‘técnico’ é (pode ser vista como) um debate sobre a ordenação do social e do técnico: qual é o preponderante? , quem determina quem? , etc.

Já a controvérsia sobre o nível de análise (micro/ meso/ macro) espelha, ao menos em parte, a importância relativa que o analista empresta, de um lado, ao papel da ‘ação’ dos agentes individuais, e de outro, ao papel das ‘estruturas’ existentes de poder e interesses.

David Edge resumiu exemplarmente esse emaranhado de controvérsias quando sugeriu uma forma simples de classificação dos dois tipos principais de estratégias analíticas existentes na Moldagem Social da Tecnologia: as abordagens ‘externalistas’ e as ‘internalistas’ (Edge, 1995, p16). De um lado, temos as abordagens ‘externalistas’, que partem do contexto social e técnico ‘externo’ mais amplo para depois examinar os processos locais de geração tecnológica. De outro, as abordagens ‘internalistas’, que focalizam o processo ‘interno’ de moldagem da tecnologia, ou seja, examinam os lugares e atividades mais diretamente relacionados com o desenvolvimento da tecnologia, e a partir deles procuram então examinar o contexto externo. Estou convencido de que essa classificação define o divisor de águas entre: a) as abordagens que enfatizam os processos locais micro, em geral com forte conotação relativista e reflexiva dentro de uma visão mais ‘subjetivista’ e criativa da história; e b) os enfoques que enfatizam os processos sociais mais amplos, em geral de acordo com algum modelo das estruturas sociais mais ‘objetivas’ e determinista da história. Obviamente, existem abordagens que fogem desse esquema de divisão e buscam combinar as duas perspectivas. A validade do exame crítico dessas perspectivas está em que ele servirá, estou convencido, para se identificarem também certas limitações dos enfoques que combinam as duas perspectivas.

Finalmente, é preciso lembrar que todas essas controvérsias e debates espelham, com frequência, as diversas polêmicas teóricas que ocorrem nas ciências sociais, como por exemplo, os debates sobre o ‘empiricismo’ e as relações entre ‘estrutura e ação’ (Williams & Edge, 1992, p27). No próximo capítulo, abordarei mais detalhadamente algumas dessas questões sociológicas, em particular a distinção entre eventos ‘micro’ e ‘macro’. Antes disso, porém, é preciso examinar mais concretamente como tais dilemas, apresentados sucintamente acima, aparecem nas análises da Moldagem Social da Tecnologia. Tenciono seguir aqui a recomendação de Williams e Edge em relação às polêmicas de cunho teórico: “o desenvolvimento intelectual não virá por meio de

considerações abstratas, mas por meio do diálogo entre as atividades orientadas teórica e empiricamente” (op.cit., p29). É com esse propósito que pretendo desenvolver, mais adiante, a classificação sugerida por Edge e mostrar, lançando mão de alguns estudos de casos existentes na literatura, algumas das limitações de ambas as perspectivas.

II.3 - A questão da ordenação dos fatores sociais e técnicos

Essa rápida menção de alguns dos dilemas teóricos da área nos remete à questão da importância de se selecionar e hierarquizar os fatores sociais. Sem isso, muitos argumentam, a análise pode se tornar mera descrição de fatores sociais e técnicos. Esta parece ser a preocupação de Russell quando adverte que “... o exame de tecnologias precisa desesperadamente de uma melhor estrutura analítica para evitar o empirismo e pluralismo implícitos que têm caracterizado muitos estudos de caso” (Russell, 1988, p340).

A questão relevante, do ponto de vista metodológico, é esclarecer a importância de se conhecer os fatores principais, como se concatenam com os demais, como se influenciam entre si, de modo a explicar o funcionamento da sociedade e, conseqüentemente, o processo de moldagem da tecnologia. Em termos simples: porque os analistas procuram saber quais são os fatores mais importantes? Antes de tentar responder, é oportuno examinar uma segunda questão, derivada da primeira, que é a da possibilidade de se conhecerem, ou mesmo de existirem fatores primordiais. Não seria, por acaso, mais prudente o analista considerar que o desenvolvimento social em geral, e o tecnológico em particular, possam apresentar uma série de fatores causais, sem haver necessariamente um grupo deles que seja mais importante que os outros? Uma análise relativista seguiria muito provavelmente esta orientação. Tendo o cuidado de não cair no extremo oposto, assumo aqui a postura pragmática de que é possível se conhecer, ao menos parcialmente, as causas principais de determinado desenvolvimento tecnológico. Creio que os vários exemplos apresentados no Capítulo I deixam poucas dúvidas quanto a isso. Para tentar responder à primeira questão – a da importância de se conhecer os fatores principais –, recorro ao historiador Carr em sua clássica discussão sobre ‘o que é história’ (Carr, 1961).

Carr discute o modo como os historiadores agem quando se confrontam com a necessidade de estabelecer a causa dos eventos. O primeiro passo é fazer o levantamento de uma série de causas para um dado evento. O autor utiliza como exemplo ilustrativo a revolução russa de 1917. Em suas palavras, “se ele [historiador] fosse convidado a considerar as causas da revolução bolchevique, poderia apontar as sucessivas derrotas militares da Rússia, o colapso da economia russa sob pressão da guerra, a efetiva propaganda política dos bolcheviques, o fracasso do Governo Czarista em resolver os problemas agrários, a concentração de um proletariado empobrecido e explorado nas fábricas de Petrogrado [...] em resumo, um conjunto de causas econômicas, políticas, ideológicas e pessoais, bem como de causas de curto e longo alcance.” (op.cit., p89). O historiador lida, portanto, não com *uma* causa, mas com uma *multiplicidade* de causas. No caso do tema particular deste trabalho, o desenvolvimento tecnológico, o analista lidaria com uma multiplicidade de fatores sociais e técnicos.

O segundo passo consiste na tentativa de ordenar a lista de causas. “O verdadeiro historiador, quando confrontado com essa lista de causas [...] sentiria uma compulsão profissional em reduzi-la, ordenando ou estabelecendo alguma hierarquia de causas que fixaria as relações entre elas, decidindo talvez qual a causa, ou a categoria de causas, que poderia ser considerada – em ‘última instância’ ou na ‘análise final’ (expressões favoritas dos historiadores) – como a causa principal, a causa de todas as causas.” (op.cit., p90). Carr afirma que os historiadores são conhecidos pelo ‘tipo de causa’ que eles invocam para explicar os eventos, e que todo argumento histórico envolve sempre a questão da prioridade das causas. Ele argumenta ainda que a atividade de ‘fazer história’ abrange dois movimentos em sentidos contrários: a pesquisa por novas causas, esmiuçando as já existentes e descobrindo com isso outras; e a simplificação e ordenação da multiplicidade de causas, subordinando-as umas às outras.

Se a ordenação das causas é de fato realizada na prática pela maioria dos historiadores, por que eles criam e utilizam certo tipo de ordenação? Essa questão pode ser colocada de outra forma: qual seria a causa, ou as causas, da ordenação particular que os analistas constroem e empregam em seus exames dos eventos históricos? Carr

responde, numa longa digressão (op.cit., cap2), que a própria atividade de análise da história, ou de dado desenvolvimento tecnológico, está inserida na sociedade em ela é realizada. Isso significa, em termos mais simples, que “só podemos visualizar o passado, e alcançar um entendimento dele, através dos olhos do presente” (op.cit., p24). Assim, o tipo de abordagem ou método de análise a que o historiador recorre ao examinar determinado evento denuncia *sua visão de mundo*, isto é, revela o tipo de prioridade dada pelo analista aos problemas de *sua sociedade* e de *sua época*. Foi por isso que afirmei, na introdução do capítulo, que a questão da maneira mais adequada de abordar os fatores sociais e técnicos também dependia de fatores sociais.

A abordagem geral Moldagem Social da Tecnologia revela, por exemplo, a preocupação crescente dos analistas com o fato de que a inovação tecnológica tem sido conduzida ao longo dos anos de forma centralizada e elitista, sem a devida participação da sociedade, que é a principal beneficiada (ou prejudicada) pelos frutos do desenvolvimento tecnológico. Ela se preocupa, particularmente, com a possibilidade e a necessidade de um papel mais ativo da sociedade nos processos de moldagem da tecnologia, de modo a evitar reações tardias e meramente reativas. A abordagem revela, entre outras preocupações, a visão de que as decisões sobre as mudanças tecnológicas podem e precisam ser democratizadas. Outro exemplo claro são os enfoques oriundos da sociologia das organizações industriais, em que as preocupações se voltam para os interesses e conflitos gerados pelas relações de trabalho nas empresas, ou no sistema capitalista de modo geral. Muitos desses enfoques revelam preocupação com as condições dos trabalhadores, entre elas, suas qualificações e a própria manutenção dos empregos; ver, por exemplo, Segre (1995). Esta autora identifica dois tipos opostos de visão sobre a tecnologia que desnudam o tipo de preocupação fundamental do analista: a visão ‘tecnocêntrica’, que, grosso modo, enxerga o trabalho humano como ‘custo’ e, assim, enfatiza a substituição do homem pela tecnologia, e a ‘antropocêntrica’, que, pelo contrário, buscar considerar a tecnologia como potencializadora da capacidade de trabalho humano (Segre, 1992). Neste sentido, enfoques orientados por perspectivas econômicas tendem a ser, muitas vezes, tecnocêntricos e expressam uma preocupação primordial com as tendências gerais do mercado, ou com o modo de identificar e aproveitar novas oportunidades de negócios em dado setor.

Portanto, a ordenação específica dos fatores sociais e técnicos tem a ver com a espécie particular de fatores sociais e técnicos – e das preocupações em torno dela – que tais abordagens colocam em primeiro plano. Utilizando essa premissa, examinarei a seguir os dois tipos principais de enfoques da área: ‘externalistas’ e ‘internalistas’. O argumento fundamental, que será desenvolvido até o final do capítulo, é o de que as duas perspectivas espelham, em larga medida, a diferença de ênfase que elas põem, de um lado, nas atividades econômicas e políticas – em particular, seus condicionamentos estruturais – e, de outro, nas atividades científicas/ técnicas – em particular, seus aspectos criativos.

II.4 - Limitações da perspectiva externalista

Os enfoques que adotam uma perspectiva externalista não apresentam, obviamente, um perfil uniforme quanto a suas idéias e conceitos analíticos. O que compartilham é a forma de abordar a inovação tecnológica. Como Edge ressalta, essa perspectiva realiza a análise “do contexto para dentro dele”, ou seja, “o ponto de partida não é um campo tecnológico específico, mas o contexto social particular dentro do qual a mudança técnica ocorre” (Edge, 1995). Como foi sugerido no capítulo precedente, três correntes de estudos se ancoram em suas respectivas origens intelectuais, caracterizando, em grande medida, a perspectiva ‘externalista’: a) sociologia das organizações industriais; b) estudos críticos de política tecnológica; e c) economia da mudança tecnológica.

Estudos empíricos realizados com métodos de análise oriundos dessas áreas ressaltam, de modo geral, o papel dos condicionantes estruturais, sejam eles técnicos, econômicos, políticos ou sociais. É a partir desses fatores que o processo local de negociação e criação de tecnologias é examinado. Duas debilidades emergem em análises feitas dentro dessa perspectiva: uma é a da integração dos fatores sociais e técnicos, e a outra é a da forma de lidar com a concepção do conhecimento científico e das características técnicas dos artefatos (op.cit., p15).

No exame de determinada tecnologia a análise dos fatores tende, por vezes, a considerar cada um deles como isolado dos demais. Por exemplo, pesquisadores preocupados com os efeitos de mudanças organizacionais sobre um dado processo de inovação técnica tendem a ignorar a importância das estruturas do mercado e das pressões por competitividade, e vice-versa. E, quando mais de um fator social é analisado ao mesmo tempo, muitas vezes isso tende a ser feito “na forma de um contraste simplista (‘impulso da tecnologia’ versus ‘demanda do mercado’, por exemplo)” (op.cit., p15).

Além disso, como os processos sociais são, em muitos casos, examinados sem a devida clareza, isso pode conduzir a análise para algum tipo implícito de determinismo social ou técnico. Em consequência, “mesmo autores consagrados nesta área terminam com frequência por utilizar metáforas pouco precisas tais como ‘trajetórias tecnológicas’ ou ‘imperativos tecnológicos’.” (op.cit., p16). Ou seja, certos fatores sociais e técnicos, examinados de maneira isolada, correm o risco de passarem a ser vistos como estruturas autônomas – a causa primordial nos termos de Carr – que determinam, em última instância, o processo de mudança social e tecnológica. Um exemplo claro desse tipo de limitação é a abordagem neo-marxista empregada por Braverman (1974), que, em resumo, considera a mudança tecnológica como conduzida pelos conflitos das relações de trabalho, nos quais a desqualificação dos trabalhadores passa a ser vista como ‘interesse objetivo’ dos capitalistas. Esse enfoque torna-se flagrantemente inadequado para casos em que, por exemplo, certas empresas procuram adotar tecnologias com maior participação dos trabalhadores, o que pode resultar em mudanças técnicas que aumentam a sua qualificação em vez de diminuí-la.

A conclusão disso é que, para qualquer caso histórico, nenhum conjunto de fatores sociais e técnicos pode ser examinado de modo isolado ou como fator independente – que molda os demais em última instância. Essas influências, mesmo que sejam as principais num caso particular, precisam ser visualizadas de forma integrada com os demais fatores sociais e técnicos, até para se poder tentar explicar porque aquele hipotético conjunto de fatores foi o principal em dado caso, em determinado momento.

A segunda limitação diz respeito à maneira pela qual novos conhecimentos técnicos são trazidos à luz no processo de moldagem social dos artefatos. Tais pesquisas tendem, com frequência, a não responder à questão de como o contexto social e as características técnicas do artefato interagem e se configuram mutuamente. Isso significa, em termos simples, que elas se mostram insuficientes no exame do processo ‘local’ de concepção das soluções científicas e técnicas, que, embora moldadas pelos fatores ‘externos’, não se reduzem à lógica ou dinâmica dos processos sociais ‘externos’, como o econômico e o político. Essa debilidade se tornará mais clara quando nos detivermos na perspectiva ‘internalista’.

Para esclarecer a maneira particular de focalizar e analisar da perspectiva ‘externalista’ e das argumentações críticas feitas acima, apresento abaixo três diferentes análises sobre as transformações técnicas ocorridas na indústria americana no início do século (Powell, 1987). Esse autor, na realidade, descreve e comenta o trabalho de três outros autores, Noble, Shaiken e Hounshell. Este último analisa a emergência dos métodos de produção de massa, enquanto os dois primeiros discutem o processo de automação.

II.4.a - A emergência e a difusão da produção de massa

Hounshell oferece uma reinterpretação das raízes históricas da produção de massa, do século passado até seu ponto culminante na era do fordismo neste século. O autor realiza uma análise detalhada da evolução não-linear e tortuosa dos métodos de produção que resultariam mais tarde na produção de massa. Ele examina o desenvolvimento de máquinas e ferramentas de uso específico, a construção de peças uniformes, que fossem facilmente intercambiáveis, bem como as tecnologias específicas de produção em indústrias-chave, como as de máquinas de costura, máquinas de marcenaria, as de maquinarias utilizadas no campo, além das fábricas de bicicletas e automóveis.

As primeiras máquinas e ferramentas especializadas foram desenvolvidas e utilizadas nos arsenais federais de equipamentos militares dos EUA, no início do século

XIX. “O objetivo da uniformização e padronização foi sendo compreendido apenas gradualmente, a grande custo, e servia para a produção de estoque limitado de armas em resposta a demandas militares. [...] O apoio militar se comprovou crucial porque o custo unitário no sistema americano era significativamente maior que nos sistemas artesanais tradicionais.” (Powell, 1987, p187). Hounshell argumenta que as ferramentas de uso específico e as técnicas associadas, desenvolvidas pelos arsenais militares de Springfield e por fábricas privadas de armas nos anos 30 e 40 do século XIX, já eram aplicáveis para outros setores produtivos. Ele descreve como “os mecânicos que tinham aprendido as técnicas dos arsenais militares se tornaram os agentes fundamentais na difusão da nova tecnologia para outras indústrias.” (op.cit., p187). É interessante notar que as novas técnicas ficaram conhecidas como as ‘técnicas dos arsenais’ (techniques of the armories), em referência a sua origem militar.

A indústria de máquinas de costuras foi a primeira a adotar as novas técnicas. Não por acaso os gerentes e mecânicos da primeira fábrica, de 1857-58, tinham vindo de fábricas de armas. Como Hounshell ressalta, nem todas as fábricas de máquinas de costuras adotaram as técnicas dos arsenais. A bem sucedida Singer, por exemplo, continuava empregando os métodos e máquinas multipropósitos tradicionais – o “enfoque europeu” – até os anos 80 do século passado. O autor explica que seu sucesso se devia às estratégias de ‘marketing’, às técnicas de venda e, por incrível que pareça, aos altos preços praticados pela empresa, e não pela superioridade do sistema artesanal de produção. História semelhante ocorreu com a indústria de maquinarias para uso no campo, como a máquina debulhadora. A fábrica McCormick, por exemplo, começou a empregar as técnicas dos arsenais a partir de 1880, quando McCormick substituiu seu irmão, treinado em técnicas artesanais, por um mecânico treinado nas novas técnicas. No entanto, a introdução dessas técnicas no setor foi lenta.

Foram os fabricantes de bicicletas que aprimoraram as técnicas do ‘sistema americano’ e deram um passo à frente em direção à produção de massa. Esse novo passo consistia na produção de peças metálicas por meio de fôrmas pré-estabelecidas e padronizadas (sheet-metal stamping). Essa técnica permitia que as várias peças das bicicletas pudessem ser produzidas de modo padronizado em largas quantidades. O

curioso dessa invenção é que ela foi criada por uma fábrica que não utilizava as técnicas dos arsenais. No entanto, mesmo com a nova técnica, a montagem das bicicletas continuava sendo feita uma a uma, artesanalmente.

Hounshell chega então à indústria de automóveis. Ele analisa como a ‘Ford Motor Company’ buscou associar as técnicas de produção dos arsenais com as de produção em larga escala de peças por meio de fôrmas padronizadas. Como Powell salienta, Hounshell descreve minuciosamente o processo de difusão das novas técnicas, “mostrando a influência direta das máquinas de produção de grãos de Mineapolis, das cervejarias de Detroit e das enlatadoras de comida de Chicago no desenvolvimento da linha móvel de montagem.” (op.cit., p188). A Ford conseguiu combinar a uniformização e padronização dos componentes e peças, sua intercambiabilidade, a produção de peças com as fôrmas padronizadas, a utilização de um extenso número de ferramentas e máquinas de uso específico, sistemas de transmissão para transporte de peças e linhas móveis de montagem. Com tudo isso, a Ford conseguiu obter ganhos consideráveis em produtividade e em economia de custos. A mudança na fábrica ‘Highland Park’ da Ford foi tal que todos os elementos técnicos eram postos em movimento e cada homem ficava imobilizado no seu canto com sua tarefa específica (op.cit., p188).

Em consequência, a produção da Ford aumentou de 300 mil carros, em 1914, para mais de 2 milhões em 1923. Numa época em que a maioria dos preços estava em alta, o preço do ‘Modelo T’ da Ford caiu quase 60% nesse período. Por causa desse sucesso os princípios da produção de massa se difundiram rapidamente para outras indústrias. No entanto, a revolução da Ford teve curta duração. O ‘marketing’ e a produção de massa *flexível* em poucos anos triunfou sobre a produção *rígida*³. Na empresa rival, a General Motors, Alfred Sloan reconhecia então que “a fabricação de carros teria maior sucesso se seguisse as “leis” da moda de Paris” (op.cit., p189). Não obstante, as técnicas da produção de massa se difundiram enormemente desde então, associando-se alguns anos depois com as técnicas tayloristas de ‘administração científica’ do trabalho.

³ Lembro ao leitor que a produção *flexível* a que Powel se refere pouco tem a ver com a produção flexível no sentido que é utilizada atualmente, muita ampla e relacionada com a técnicas de produção japonesa, o toyotismo por exemplo.

O modelo de difusão de Hounshell se apóia basicamente na análise das condições técnicas de existência da produção de massa, tais como o uso de ferramentas especializadas, uniformização de peças, etc, e do processo paulatino de sua difusão na indústria. Como Powell assinala, “Hounshell negligencia quase que inteiramente a discussão sobre a força de trabalho; como consequência, ele não é capaz de identificar que o entusiasmo de McCormick pelas novas máquinas nos anos 80 do século passado se originava, em parte, do seu desejo de derrotar as ações dos sindicatos trabalhistas do setor.” (op.cit., p189). Além disso, ele não observa que a estratégia de Ford tinha como objetivo a incorporação da enorme quantidade de mão-de-obra desqualificada existente nos EUA no início deste século, bem como um maior controle sobre essa mão-de-obra e sobre a produção com a separação das atividades de planejamento e controle das de operação e produção.

II.4.b - O processo de automação e o interesse dos poderosos

É exatamente com a preocupação acima que Noble analisa as técnicas de automação. Ele se mostra bem mais preocupado com os processos de trabalho e sua visão enfatiza as forças políticas e sociais que moldam a tecnologia. “Para Noble, a tecnologia é ao mesmo tempo ‘o veículo e a máscara da dominação’. Quem decide quais as novas tecnologias que serão adotadas ‘não são agentes autônomos de algum progresso desencarnado e despersonificado’, mas membros da sociedade movidos por motivações que refletem valores profissionais, interesses econômicos e ideologias políticas.” (op.cit., p189). Em contraposição a Hounshell, Noble argumenta que se uma tecnologia particular se desenvolve numa certa direção, isso se deve menos a sua superioridade técnica ou econômica do que ao poder daqueles que a escolheram. O importante para Noble “é saber os interesses de *quem* são mais bem servidos por uma dada tecnologia” (op.cit., 189).

O caso histórico clássico que Noble analisa em detalhes é o das máquinas-ferramentas controladas automaticamente (numeric control), já descrito de modo sucinto no Capítulo I. De acordo com o autor, o ‘controle numérico’ foi escolhido em lugar da

opção ‘repetição gravada’ porque a primeira opção transferia parte do controle sobre a produção dos trabalhadores do chão de fábrica (operação e produção) para os engenheiros e gerentes (planejamento e controle). Ele examina as duas alternativas à luz do contexto sócio-político da guerra fria. A opção ‘controle numérico’ (NC) era cara inicialmente, e somente apresentava vantagens na fabricação de peças de alta precisão da indústria aeroespacial, em que questões de custos não eram prioritárias. A alternativa ‘repetição gravada’, por sua vez, era mais simples, barata e adequada para as necessidades de pequenas e médias empresas. Noble argumenta que o NC foi desenvolvido não porque fosse tecnicamente superior mas porque promovia os interesses de grupos poderosos, entre eles, a Força Aérea americana – USAF –, a comunidade de engenheiros e cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachussets – MIT –, e as empresas privadas do setor aeroespacial; junto a isso, havia os interesses gerenciais de aumentar o controle sobre a produção. Assim, formou-se uma aliança entre todos esses agentes que, com o apoio financeiro crucial da USAF, assegurou o desenvolvimento da tecnologia NC.

É importante observar que Noble assume, seguindo Braverman (1974), que a escolha das novas tecnologias por gerentes e diretores de empresas tem como objetivo principal transformar a organização do trabalho de modo a desqualificar os trabalhadores. Como Powell ressalta criticamente, “esta visão não consegue captar a riqueza de realidades do local de trabalho” (op.cit., p191). Não resta dúvida de que interesses de classes têm papel crucial na escolha de uma tecnologia em detrimento de outras, mas a tese de Noble e Braverman termina por ser simplista. Friedman, por exemplo, citado por Powell, assinala que o controle sobre a produção pode ser alcançado por vias alternativas. Em particular, este autor sugere que uma estratégia de ‘autonomia responsável’, em certas situações nas quais os trabalhadores tenham mais voz e sejam dissimuladamente cooptados, representa uma forma de controle altamente eficaz (op.cit., p190).

Voltando ao caso da tecnologia NC, a USAF e o MIT se associaram aos gerentes de empresas não porque fossem aliados naturais dos capitalistas na luta de classe contra os trabalhadores, mas porque a opção NC representava um meio de promover os seus

próprios interesses específicos. No caso do MIT, por exemplo, segundo Powell seus cientistas “viam na tecnologia NC um meio de promover suas carreiras através do apoio financeiro da Força Aérea à construção de um ambicioso e caro centro de computação” (op.cit., p190). Assim, de acordo com Powell, a maior fragilidade da análise de Noble “está em assumir que o problema de extrair mais trabalho dos trabalhadores possa ser resolvido pela mecanização e automação. Não é correta a tese de que o controle pelos capitalistas sobre o planejamento do trabalho em si mesmo os torne capazes de controlar melhor os trabalhadores.” (op.cit., p191).

Neste sentido, como Sobel sugere, “independentemente do tamanho, empresas produzindo produtos especializados tendem a empregar máquinas NC [controle numérico] com operadores com alta qualificação que conhecem programação; novamente independente do tamanho, outras empresas que produzem em larga escala produtos padronizados são constantemente tentadas a utilizar máquinas NC com operadores de baixa qualificação.” (Sobel, citado por Powell, op.cit., p193). Este autor mostra que a forma como a tecnologia é empregada depende de vários outros fatores, como a evolução do mercado de produtos, a disponibilidade de empregados com qualificação e as pressões macro-econômicas.

II.4.c - O processo de automação e a negociação nas fábricas

Finalmente, Powell analisa o trabalho de Shaiken. Em contraposição a Noble, Shaiken argumenta que a adoção e implementação de tecnologias, juntamente com o processo de reorganização do trabalho, ocorrem por meio de negociações que são moldadas por estratégias e políticas organizacionais, pela cultura do local de trabalho e pelas forças do mercado. Nesse sentido, a definição dos requisitos de qualificação surge como resultado de barganhas dentro das empresas e depende do balanço de forças entre gerência e trabalhadores, bem como da distribuição de conhecimento.

Shaiken compartilha com Noble a visão de que “os gerentes promovem a automação com o objetivo de reduzir a quantidade de trabalho direto e de aumentar seu controle sobre o trabalho. Esta meta de estender a autoridade gerencial é fortalecida por

uma ideologia dos engenheiros que enfatiza a importância da previsibilidade e a separação quase total entre as pessoas que projetam máquinas e aquelas que as utilizam.” (op.cit., p193). Ao contrário de Noble, porém, Shaiken não associa tais metas a uma grande teoria da inovação tecnológica. Ele tenta mostrar que “há uma miríade de situações possíveis em que os trabalhadores podem resistir às mudanças e boicotar o processo de trabalho” (op.cit., p194). Neste sentido, “a barganha e a resistência estão no cerne da mudança tecnológica” (op.cit., p193).

Entre outros, Shaiken apresenta um exemplo em que se torna claro que as negociações em torno das novas tecnologias envolvem não apenas os trabalhadores de chão de fábrica mas também a própria gerência. Ele descreve a tentativa de introdução de uma nova tecnologia, “o sistema de planejamento total de operações (TOPS), num grande complexo da ‘Ford Motor Co. Rouge’. A instalação do TOPS resultou num grande fracasso porque, ao procurar tornar as operações mais eficientes por meio da coleta de informações sobre a produção em cada estágio, o sistema TOPS alterava o poder relativo dos gerentes de divisão e de produção, e dos líderes dos trabalhadores. A combinação de falhas técnicas, da resistência dos trabalhadores, e, mais importante, do descontentamento entre os gerentes de produção cuja autoridade estava sendo minada, resultou no boicote ao novo sistema e no seu posterior abandono (op.cit., p194).

Em resumo, de acordo com Powell, cada um dos autores enfatiza, à sua maneira, a determinação social da tecnologia. “Hounshell mostra como os padrões de mobilidade e dos processos de difusão moldaram a adoção das novas tecnologias. Noble analisa os grupos poderosos que estão por trás de uma mudança tecnológica particular. Shaiken examina mais de perto as características das novas tecnologias e sua implementação, sugerindo que as tecnologias de automação podem incorporar formas específicas de poder e autoridade.” (op.cit., p197). O que diferencia os três autores é a maneira de focalizar o material empírico e as preocupações primárias que revelam: enquanto Hounshell oferece um modelo de difusão sobre o progresso gradativo de desenvolvimento dos métodos de produção industrial que resultaram na produção de massa, Noble se esforça na argumentação de que a escolha da tecnologia reflete os

interesses das classes econômicas poderosas, e Shaiken vê a definição da tecnologia como um processo envolvendo negociação e barganhas entre trabalhadores e gerência.

Cada uma das três análises apresenta uma faceta importante, que deve ser levada em conta no exame da evolução da produção de massa e da automação. No entanto, como observa Powell, a diferença do foco de análise de Noble e Shaiken “sugere que a pesquisa futura deva ser realizada em três níveis: a micropolítica do local de trabalho, o contexto social e político mais amplo em que a mudança tecnológica ocorre e os fatores organizacionais e econômicos que moldam a estruturação do trabalho” (Powell, citado por Edge, op.cit., p17). Em outras palavras, como Edge chama a atenção, há necessidade de maior integração de todos esses fatores ‘externos’. Embora, em certos casos, alguns deles possam sobressair entre os demais, ainda assim eles devem ser levados em consideração de forma integrada.

Um ponto em comum das três análises é que as características da tecnologia são em geral vistas como dadas. Para sermos justos, Shaiken consegue escapar um pouco dessa visão porque concebe que a tecnologia – bem como a própria organização do trabalho – é transformada durante o processo de sua implementação. No entanto, o que Shaiken analisa é o processo de ‘adaptação’ da tecnologia, que já chega à empresa de forma pré-configurada. Não estou minimizando a importância da análise desse processo. Porém, o estágio de implementação é apenas um dos estágios da cadeia não-linear de criação de uma dada tecnologia. Apenas ressalto aqui que nenhum dos autores examina mais sistematicamente o trabalho e o esforço dos cientistas e engenheiros em aprimorar e implementar as novas tecnologias.

II.5 - Limitações da perspectiva internalista

Algumas das deficiências na utilização de fatores sociais já tinham sido identificadas por certos pesquisadores oriundos do campo da ‘Sociologia do Conhecimento Científico’. Eles propuseram então uma abordagem alternativa, que procura lidar com os fatores sociais e técnicos de maneira mais integrada, e que ficou

mais conhecida como a ‘nova sociologia da tecnologia’ (Bijker, Hughes & Pinch, 1987), sucintamente apresentada no Capítulo I.

II.5.a - Nova sociologia da tecnologia

Esta linha de estudos apresenta três correntes principais, na visão de seus autores (Bijker, Hughes & Pinch, 1987, p10):

- A) abordagem do ‘Construtivismo Social’;
- B) abordagem de ‘Sistema’;
- C) abordagem de ‘Rede’.

A primeira dessas abordagens – ‘Construção Social da Tecnologia’ (SCOT) – é inspirada mais diretamente nas idéias desenvolvidas pela sociologia do conhecimento científico. Como foi mencionado no Capítulo I, seus conceitos-chave são ‘flexibilidade interpretativa’, ‘fechamento’ (closure) e ‘grupos sociais relevantes’. Ao contrário da terceira abordagem, o ambiente social é preservado e contribui para moldar as características técnicas dos artefatos. Esta ênfase na moldagem social permite evitar o determinismo tecnológico. Grupos sociais relevantes que constituem o ambiente social desempenham papel crítico na definição e resolução de problemas que surgem no desenvolvimento de um artefato. Há flexibilidade interpretativa no modo de definir os problemas e projetar os objetos, não existindo uma única ou melhor maneira de fazê-lo. Assim, esta abordagem busca descrever a geração do artefato tecnológico focalizando os sentidos a ele atribuídos pelos grupos sociais relevantes, ou seja, analisa a controvérsia e o processo de ‘fechamento’ sobre a definição da ‘verdade’ ou ‘falsidade’ de uma teoria científica, bem como o sucesso ou fracasso de uma tecnologia na resolução de certos problemas. Daí que, na ciência, o processo de ‘fechamento’ ocorre quando um consenso emerge e assim uma ‘verdade’ ganha, ou é aceita, entre várias interpretações científicas em disputa; e, no setor tecnológico, quando um consenso emerge em torno de certa maneira de projetar e resolver um problema de geração do artefato, entre outras maneiras em disputa (op.cit., p12).

A segunda abordagem, denominada de ‘Sistema’, se origina em larga medida do trabalho de Thomas Hughes sobre a história da tecnologia e trata esta última em termos da metáfora de ‘sistemas’ (op.cit., p4). Ela ressalta a forte interligação entre elementos diversos, tais como artefatos físicos, instituições, seu ambiente e, assim, oferece uma visão integrada dos aspectos técnicos, econômicos, sociais e políticos. Em outras palavras, “... as tecnologias não surgem na forma de peças separadas e isoladas, mas como partes de um todo, como partes de um sistema” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p12). Os conceitos-chave dessa abordagem são ‘saliências reversas’ (reverse salient) ou ‘problema crítico’, definidos como aquelas partes de um sistema onde se realiza, em certos estágios, um esforço maior de inovação. Por exemplo, a pesquisa de Edison sobre o filamento das lâmpadas. Os agentes relevantes são chamados de ‘construtores de sistema’ ou ‘profissionais heterogêneos’, termos estes que apontam para o papel-chave dos cientistas, engenheiros, gerentes, intelectuais, etc (Hughes, 1986). A ênfase da abordagem SCOT sobre a ‘resolução de problemas’ no desenvolvimento de artefatos é análoga à ressaltada por Hughes sobre os esforços de pesquisas em torno dos ‘pontos críticos’ do sistema tecnológico. Assim, na abordagem de sistema os analistas examinam o artefato tecnológico focalizando o trabalho incansável dos profissionais heterogêneos em suas buscas para resolver os diversos problemas críticos e desenvolver o sistema tecnológico que deu vida e está sustentando o artefato em estudo. A abordagem enfatiza expressamente a metáfora do ‘tecido sem costuras’ (seamless web) – uma espécie de unidade indivisível do sistema, formada pelos seus diversos elementos, sociais e técnicos (Bijker, Hughes & Pinch, 1987, p9).

A terceira abordagem, denominada de ‘Rede’, busca eliminar a distinção entre atores humanos e fenômenos naturais, como já foi assinalado antes. Ambos são tratados como elementos em ‘rede-de-atores’ ou ‘ator-rede’ (actor-network) (Callon, 1986, 1987; Latour, 1987). Seus proponentes defendem que os elementos sociais e técnicos – atores humanos e não-humanos – devem ser tratados e explicados simetricamente, sem se conferir privilégio analítico a nenhum dos elementos ou lados. Em consequência, o ambiente social ‘externo’ é forçado a desaparecer e, com ele, dicotomias tais como ‘fora/ dentro’, ‘externo/ interno’, ‘organização/ indivíduo’, ‘sociedade/ tecnologia’, ‘social/ técnico’, ‘humano/ não-humano’, e seus membros passam então a fazer parte de

‘redes’. Tal como Callon explica, estas inúmeras entidades interligadas constituem o meio – a rede – através da qual os ‘atores’ interagem entre si, o que pode resultar na emergência de um ‘mundo coerente de atores’, que moldam e sustentam o desenvolvimento de artefatos tecnológicos. Porém, como nos lembra Callon, a rede não se constitui pela mera junção de elementos pré-existentes. Os “atores”, sejam eles consumidores, células combustíveis, empresas fabricantes ou elétrons, devem ter os atributos definidos, ou ‘traduzidos’, para cada um deles, de modo que possam desempenhar os papéis a eles atribuídos no cenário concebido pelo ‘projetista’ do mundo de atores, ou da rede (Callon, 1986). Assim, a abordagem examina a geração tecnológica focalizando os esforços e estratégias engendradas pelos projetistas ao buscarem traduzir, firmar e estabilizar na rede os diversos elementos heterogêneos. Vale lembrar ainda que, como nenhuma entidade está fora das redes, os próprios projetistas são também elementos integrantes delas.

É importante perceber que as três correntes mencionadas consideram, com diferentes ênfases, que os fatores sociais e técnicos estão integrados, formando uma espécie de unidade, chamada de ‘sistema’ ou ‘rede’. No entanto, se as duas primeiras abordagens preservam a distinção entre os agentes da inovação e o ambiente externo, este sim formando o tal ‘tecido sem costuras’ de elementos técnicos e sociais. na abordagem de rede, ao contrário, o ‘todo’ inclui os agentes humanos independentemente de seus papéis e, também, de quaisquer outras entidades. Todos eles estão interligados, interagindo permanentemente entre si, formando redes.

A par disso, as três abordagens salientam a necessidade de se superarem as ‘distinções artificiais’ dos fatores ou elementos que formam a realidade, que é vista então de forma integrada; e, ainda, procuram uma nova linguagem e novos conceitos para expressar este novo entendimento sobre a mudança tecnológica e a própria sociedade (Bijker, Hughes & Pinch, 1987, p10).

Vejamos então como surgem as idéias de ‘sistema’ ou ‘rede’ neste ‘novo entendimento’ do processo de inovação, e como as três abordagens formaram um campo de estudos particular, com identidade própria marcante, vista por vezes em forte

contraposição às demais abordagens da Moldagem Social da Tecnologia, e identificadas por Edge, conforme já foi mencionado, como abordagens ‘internalistas’. A visão de Hughes sobre a história da ciência e da tecnologia me parece bem apropriada para esclarecer a origem desta maneira de abordar o processo de geração tecnológica.

II.5.b - Três estágios da história da ciência e da tecnologia

Hughes considera que há três modos básicos de interpretar a história do desenvolvimento da ciência e da tecnologia: o modo ‘internalista’, o ‘externalista’, e o ‘interativo’ (Hughes, 1988, p9-14). Esclareço, desde já, que tais modos ou estágios são diferentes da distinção de Edge, mencionada acima, acerca das duas grandes estratégias analíticas da moldagem social da tecnologia.

No primeiro modo, a história da ciência e da tecnologia é apresentada como uma sequência lógica de descobrimentos de fatos e de invenções de artefatos. A ciência é vista como um desenvolvimento progressivo e a tecnologia parece seguir uma lógica inerente. Assim, “os cientistas descobrem, os tecnólogos seguem a lógica destas descobertas e as transformam em novas técnicas e em novos artefatos...” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p4). Como já foi dito no Capítulo I, os historiadores tendiam a focalizar apenas os efeitos da tecnologia sobre a sociedade. Subjacente a este modo de “fazer história” está, é evidente, a crença de que são as tecnologias que causam as mudanças na sociedade, a esta só restando o caminho de se adaptar ao avanço inexorável da ciência e da tecnologia.

O segundo modo, o ‘externalista’ segundo Hughes, é adotado pelos historiadores que começam a considerar como preponderante o papel do contexto social e histórico dentro do qual a ciência e a tecnologia são desenvolvidos. Eles tentam responder à seguinte questão: “qual o papel que a sociedade desempenha na moldagem da tecnologia?” (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p8). Em resumo, há todo um esforço de examinar e detalhar os fatores sociais que apresentam algum tipo de influência sobre a tecnologia, tal como foi visto no Capítulo I. Entretanto, como Hughes observa, os historiadores começaram a considerar que a própria ciência fazia parte do contexto. Se,

no início, a tecnologia foi por vezes considerada como ciência aplicada, isto é, a ciência seria o fator contextual de maior relevância que explicaria a gênese da tecnologia, esta, a seguir, também foi considerada como fazendo parte do contexto. Ou seja, a tecnologia existente também contribui para moldar as novas tecnologias.

Hughes critica esse modo ‘externalista’ de examinar a ciência e a tecnologia porque, segundo ele, os analistas levam a ciência e tecnologia para o contexto sem explicar como isto ocorre, ou seja, eles não explicam como o contexto social ‘exterior’ e as características ‘internas’ da tecnologia estão interrelacionados, deixando a questão em aberto. Esta crítica assemelha-se com a que foi feita por Edge a respeito da segunda debilidade dos enfoques externalistas: falta-lhes uma concepção aprofundada de como os novos conhecimentos técnicos são trazidos à luz e evoluem com o tempo’, isto é, como se relacionam com os fatores contextuais ‘externos’. Em outras palavras, a questão se resume no seguinte: como precisamente ocorre o processo em que as características técnicas da tecnologia e dos conhecimentos técnicos passam a refletir as demandas e restrições do contexto social e técnico? Veremos já que a resposta de Hughes está em adotar o modo ‘interativo’ de análise.

Retomando a argumentação de Hughes, no modo internalista, ciência e tecnologia são geradas por uma certa lógica interna a elas. No segundo modo, elas são moldadas por uma lógica externa, ou seja, o contexto social com todas as suas categorias (econômicas, políticas, etc) moldam o conteúdo, ou as características, da ciência e da tecnologia. Hughes considera que ambos os modos representam visões deterministas da história. Para evitar este rumo, ele propõe o modo ‘interativo’, que pode ser resumido em duas idéias centrais: a) o ‘interno’ e o ‘externo’ interagem entre si formando um ‘sistema’ ou ‘rede’; e b) os agentes que constróem tal sistema ou rede são os ‘profissionais heterogêneos’ ou os ‘construtores de sistemas tecnológicos’. De acordo com Hughes, os dois modos anteriores são ‘deterministas’ porque seguem lógicas ou dinâmicas na realidade alheias às atividades heterogêneas de inovação desenvolvidas pelos ‘profissionais heterogêneos’, quais sejam, os cientistas, engenheiros e administradores que lidam mais diretamente com o desenvolvimento da tecnologia. É

importante observar que este modo ‘interativo’ de Hughes corresponde à perspectiva ‘internalista’ de Edge. Veremos já o por que disso.

A idéia subjacente a este modelo ‘interativo’ de se abordar a história da ciência e da tecnologia torna-se ainda mais clara quando Hughes explica como se libertou das limitações dos modos anteriores. Ele percebeu que os construtores de sistemas não levam em consideração as categorias formais do conhecimento e suas respectivas fronteiras. Conceitos, elementos, categorias ou fatores, comumente separados e rotulados como ‘econômicos’, ‘técnicos’, ‘políticos’, etc, constituem na realidade um ‘tecido sem costuras’ (seamless web) na mente dos construtores de sistemas, pois em suas práticas diárias tais agentes não operam com a distinção entre os elementos técnicos, econômicos, políticos, etc. Tais elementos são levados em consideração simultaneamente, como um todo, sem qualquer distinção arbitrária em termos de sua maior ou menor importância, já que todos eles são vistos como igualmente relevantes na construção e sustentação do sistema tecnológico. Hughes afirma ainda que os historiadores levam tão a sério tais divisões analíticas porque não lidam com problemas de resolução prática.

O principal exemplo oferecido por Hughes é sua vasta pesquisa sobre o sistema de energia elétrica, já mencionado no Capítulo I, que foi desenvolvido por Edison no final do século passado (Hughes, 1983). Em suas palavras: “Os construtores de sistemas tecnológicos ... interconectam elementos tão diversos quanto artefatos físicos, minas, firmas fabricantes, companhias de utilidade, laboratórios de P&D e bancos de investimento. Estes componentes formam um sistema porque estão sob controle central e interagem funcionalmente de modo a cumprir a meta do sistema ou contribuir para o seu produto” (Hughes, 1988, p14).

Algumas observações podem ser feitas já aqui sobre estas três correntes da ‘Nova Sociologia da Tecnologia’. Primeiramente, os argumentos utilizados são fortemente influenciados por idéias pós-modernas. De acordo com elas, ciência e tecnologia são vistas como atividades correlatas que interagem uma com a outra. Argumenta-se que o ‘político’ e o ‘econômico’ podem ser considerados como diferentes

culturas, ligadas e entrelaçadas, do mesmo modo que a própria ciência e tecnologia. Portanto, todas estas disciplinas, categorias ou fatores são tomados como diferentes tipos de cultura, entrelaçados e interagindo uns com os outros, não fazendo diferença se são considerados como parte da lógica ‘interna’ da ciência, ou da dinâmica ‘externa’ do contexto. Hughes chega a sugerir que tais categorias analíticas deveriam ter seu uso restringido, caso dificultem a compreensão das múltiplas ‘interconexões’ presentes no ‘todo’. Aliás, estes últimos termos se tornam os conceitos-chave, e ‘sistema’ ou ‘rede’ é a metáfora utilizada para expressar tal concepção holística das entidades interconectadas.

Em segundo lugar, o modo ‘interativo’ de examinar a tecnologia busca de fato integrar os fatores sociais ‘externos’, bem como responder de maneira mais precisa como eles estão relacionados com as características ‘internas’ do conhecimento técnico e da tecnologia. Assim, os agentes locais – cientistas e engenheiros, ou profissionais heterogêneos –, que tendiam a aparecer nas abordagens externalistas predominantemente como mediadores passivos de demandas sociais e restrições técnicas, tornam-se nestas abordagens os agentes principais. São eles que lidam, nas suas atividades ‘tecnológicas’ diárias, tanto com os fatores ‘internos’ – as características científicas e técnicas do artefato em desenvolvimento –, quanto com os fatores ‘externos’ – o contexto social e técnico circundante. Para tais agentes, todos os fatores se apresentam como se fossem peças ou elementos que podem ser transformados, ou “traduzidos”, e interligados para formar um sistema ou rede e, assim, gerar o artefato tecnológico. O ponto de vista da análise é, portanto, o de quem está no centro do desenvolvimento de certa tecnologia. Creio que é por causa disso que Edge sugere classificar o modo ‘interativo’ de Hughes como perspectiva ‘internalista’.

Em terceiro lugar, por causa da ênfase no papel dos cientistas e engenheiros, as abordagens ‘internalistas’ tendem a menosprezar fatores sociais externos que não estejam diretamente relacionados, no nível local, com a moldagem da tecnologia, sem perceber que tais fatores podem influenciar as condições externas mais amplas dentro das quais as atividades locais são desenvolvidas. Essa é uma observação que pretendo desenvolver até o final do capítulo, esperando demonstrar a necessidade de um meio

termo entre a perspectiva ‘externalista’ e a ‘internalista’, que supere suas limitações sem, no entanto, desprezar suas várias contribuições.

Para tornar mais claras as idéias das abordagens ‘internalistas’ e das observações feitas acima, examinaremos mais detidamente outro estudo de caso, o do carro elétrico francês (Callon, 1986, 1987). Este autor, usando uma abordagem de rede particular, descreve a emergência e o fracasso do projeto francês de um carro elétrico durante a década de 70. O caso ilustra bem o modo ‘interativo’ de Hughes, na medida em que a abordagem de Callon é radical e contrasta nitidamente com as abordagens ‘externalistas’ de Edge, servindo como base para uma crítica posterior às abordagens ‘internalistas’ menos radicais.

II.5.c - O caso do carro elétrico francês

A história começa em 1973, quando a empresa estatal ‘Companhia Elétrica Francesa’ (EDF) apresentou publicamente o projeto do carro elétrico francês (VEL). Callon analisa este projeto, que descrevia as características técnicas do novo carro e o universo social em que funcionaria. Ele demonstra que o plano da EDF projetava um cenário de toda a sociedade, seus consumidores urbanos num período pós-industrial que estavam engajados em novos movimentos sociais alternativos. Isto é, o projeto da EDF englobava uma série de fatores sociais e técnicos.

A par disso, o plano da EDF definia de modo preciso os papéis de várias organizações, tais como os fabricantes que seriam responsáveis pela construção do VEL, e diversos elementos técnicos que seriam necessários para a montagem do carro elétrico. Por exemplo, a Renault construiria o chassi e a carroceria do carro; a ‘Companhia Elétrica Geral’ (CGE) construiria o motor, aperfeiçoaria os acumuladores de chumbo e desenvolveria a segunda geração de baterias. Por outro lado, Ministérios adotariam regras e leis favoráveis ao VEL e subsidiariam estados e municípios interessados na tração elétrica. Companhias que controlavam sistemas de transporte cooperariam com cientistas e centros de pesquisas. Portanto, a EDF “ligava as funções destes papéis ao construir um mundo onde cada um tem o seu devido lugar” (Callon, 1986, p22). Indo

além, tal plano definia papéis também para os dispositivos técnicos, ou as ‘entidades não-humanas’. Três deles eram essenciais: os acumuladores de zinco/ ar, os acumuladores de chumbo e as células combustíveis, com uma série de elementos associados, como catalisadores, elétrons, etc. Todas estas entidades eram definidas no plano da EDF de modo a funcionarem adequadamente e interagirem de forma harmoniosa.

Callon analisa então os esforços da EDF, o ‘porta-voz’ da rede do VEL, que lutava para traduzir, estabelecer e firmar interesses, identidades, papéis, práticas, descrições, investimentos, objetivos, comportamentos, etc, em cada uma das entidades heterogêneas, fossem elas atores humanos ou não-humanos. Esta tarefa complexa era realizada por meio: a) da transformação ou ‘tradução’ (de interesses, papéis, etc); b) do estabelecimento de organizações, equipamentos, planos, etc, como ‘pontos obrigatórios de passagem’ para o desenvolvimento do VEL; c) e da estabilização das entidades na rede, efetuada através do ‘fluxo’ (displacement) de textos científicos, documentos legais, dinheiro, pessoas, qualificações e produtos materiais que se associam com outras entidades, permitindo sua interação à distância.

Assim, a explicação sobre o desenvolvimento do projeto do VEL centraliza sua atenção sobre os *mecanismos* que tornavam mais fortes ou mais fracas as ‘traduções’ e ‘ligações’ entre as entidades heterogêneas na rede que desenvolvia o projeto. Entre estes mecanismos estão: o estabelecimento de ‘pontos obrigatórios de passagem’, ‘fluxos’ de intermediários e ‘durabilidade’. Em artigo posterior, Callon analisa uma série de outros mecanismos, tais como ‘alinhamento’, ‘coordenação’, ‘robustez’ de intermediários, ‘convergência’, ‘treinamento’ e ‘irreversibilização’ (Callon, 1992). A argumentação explicativa de Callon para o processo se concentra basicamente na seguinte idéia: quanto mais fortes fossem as ligações das entidades na rede, mais bem sucedido seria o projeto do VEL, e vice versa. Portanto, de acordo com a abordagem ator-rede de Callon, o projeto do carro elétrico francês teria fracassado porque as ‘traduções’ e as ‘ligações’ entre os vários elementos heterogêneos da rede, firmadas pela EDF por meio de diversos mecanismos, não se fortaleceram o suficiente para se tornarem irreversíveis e, assim, viabilizarem o projeto.

Como já foi dito, a maior contribuição deste tipo de abordagem é a de ter focalizado o papel central desempenhado pelos agentes locais da área científica/tecnológica – no caso, cientistas, engenheiros e administradores das empresas envolvidas e do Governo francês. A metáfora da ‘rede’ ou ‘ator-rede’ se mostra bastante apropriada, porque o conjunto de relações entre os diversos elementos técnicos e sociais é construído de modo gradual e toma forma semelhante a de uma rede física, onde cada um dos elementos se conecta com vários outros. Não há dúvida de que a ênfase da abordagem recai sobre o papel dos agentes locais da área científica/tecnológica. São estes que “fazem e acontecem”, construindo a rede de relações entre fatores técnicos e sociais, buscando fortalecê-la e torná-la irreversível, de modo a assegurar o sucesso do projeto tecnológico.

A principal fraqueza da abordagem é de não levar em conta de maneira mais adequada o outro lado da história – o papel dos fatores ‘externos’ mais amplos que formavam o contexto social e técnico do projeto do VEL. Estes fatores não eram consequências do projeto, já existiam antes e obedeciam a dinâmicas próprias. Entre eles estão, com certeza, o sistema econômico capitalista, a crise do petróleo de 1973, que afetou o mercado mundial, e as reações subsequentes dos países afetados. Além disso, houve a crise do ‘fordismo’ do final da década de 60 que atravessou toda a década de 70 e desencadeou um processo bastante complexo de flexibilização das relações de trabalho e modernização da produção industrial, na qual a indústria de automóveis tinha grande peso. Callon sequer menciona a influência essencial destes fatores contextuais sobre o projeto do VEL. A bem da verdade, ele leva em conta alguns fatores contextuais, restringindo-se porém àqueles que são diretamente acoplados aos eventos do projeto do VEL. Por exemplo, as idéias do motor a combustão como o fruto final de uma civilização industrial, como responsáveis pela poluição do ar, pelo barulho que inferniza as cidades, e como símbolo da sociedade de consumo e desperdício, que Callon descreve minuciosamente, fizeram parte do clima político do início da década de 70. O analista poderia muito bem levantar a suspeita de que o projeto do VEL tivesse sido influenciado por aquele clima cultural e de que a crise do petróleo de 1973 tivesse propiciado o momento oportuno para seu lançamento. Estranhamente, porém, a análise

de Callon faz o contrário, deduzindo o clima cultural daqueles anos a partir do projeto da EDF, como se este fosse o principal responsável pelos movimentos políticos alternativos. O plano do carro teria criado aquele clima e os tecnólogos teriam construído uma sociedade alternativa, com o projeto. (citação aqui) Ora, tal interpretação é insustentável. Na melhor das hipóteses, o projeto do VEL e os seus promotores poderiam ter sido ativos participantes na conturbada França dos anos subsequentes a 68, e o grau de sua participação poderia ser comprovado empiricamente.

O que explica esta tentativa de visualizar o movimento político cultural da França de 68 em conjunto com o projeto do VEL é o argumento de que os dois eventos tinham dinâmicas diretamente acopladas. A hipótese assumida neste argumento é de que ‘a sociedade e a tecnologia evoluem *simultaneamente*’ (Callon, 1986, p??), minha ênfase). Como ele também assume que é no nível local que se moldam os fatores técnicos e sociais, então estes últimos teriam sido moldados pelos cientistas e engenheiros da EDF, pois foram eles que projetaram um dos meios técnicos para a efetivação de uma sociedade alternativa – o carro elétrico. Creio que já é possível perceber que há algo de equivocado nesta concepção de evolução simultânea dos fatores sociais e técnicos. Vejamos, passo a passo, como surge e se desenvolve o argumento em questão.

II.5.d - Limitações da abordagem de rede

A principal limitação da abordagem de Callon se encontra, como se pode perceber no caso acima, no papel superdimensionado que ela termina por emprestar aos agentes ‘heterogêneos’. A principal consequência disso é que os processos sociais que influenciam o contexto mais amplo, mas não estejam diretamente ligados ao processo específico de geração tecnológica, terminam por ser, ou ignorados – as crises do petróleo e do fordismo, por exemplo –, ou acoplados de forma reducionista à dinâmica particular da construção tecnológica – o clima político cultural da França pós 68, por exemplo.

Esta limitação do enfoque de Callon está ligada à forma como ele concebe a evolução *simultânea* da sociedade e da tecnologia, entendida de forma equivocada como ‘acoplamento direto’ entre processos sociais que ocorrem em paralelo. Em outras palavras, existem na sociedade atividades e processos sociais mais relacionados com o desenvolvimento de tecnologias e outros que não se envolvem diretamente com elas. Claro está que ambos os tipos de processos sociais podem se influenciar mutuamente, porém tal moldagem recíproca não significa que os diferentes processos estejam acoplados a uma única dinâmica social. Uma hipótese essencial, assumida pela maioria dos sociólogos, é a de que existe na sociedade uma divisão de trabalho das atividades humanas, com espaços e tempos diferentes, onde ocorrem dinâmicas sociais distintas, com distintos atores relevantes e distintas regras de jogo. A abordagem de Callon tende a menosprezar esta hipótese e considerar diferentes atividades sociais como estando interconectadas holisticamente, no espaço e no tempo.

A tese assumida por Callon – de que a sociedade e a tecnologia evoluem simultaneamente – significa, como Hughes observa, que os fatores sociais e técnicos interagem entre si, isto é, o contexto social e o conteúdo técnico evoluem e se transformam num processo simultâneo. Também significa que tais fatores e as atividades heterogêneas dos cientistas e engenheiros se moldam mutuamente. Neste sentido, estes agentes de fato contribuem, ao moldarem tecnologias, para a construção e reconstrução da sociedade. A perspectiva ‘internalista’, de um modo geral, demonstra acertadamente que fatores sociais diversos não somente moldam o projeto e o artefato tecnológico, mas também sofrem alterações, ou seja, aqueles fatores sociais são, por vezes, efetivamente moldados pelas atividades dos cientistas e engenheiros. Não por acaso tem esse título o livro “Moldando Tecnologias/ Construindo a Sociedade” (Shaping Technology/ Building Society) (Bijker & Law, 1992), que apresenta vários artigos nesta linha de análise ‘internalista’.

Ocorre, no entanto, que há um desequilíbrio nesta moldagem recíproca, pois Callon põe ênfase maior na ação dos agentes heterogêneos sobre os fatores sociais e técnicos. A dinâmica inversa tende a ser subestimada. Assim, ele negligencia a inserção dos agentes da inovação no contexto social e histórico maior. Em outras palavras,

existem na sociedade vários outros processos sociais, não diretamente acoplados com o processo de inovação mas que, apesar disso, contribuem decisivamente para moldar o contexto maior onde ocorre o desenvolvimento tecnológico, por exemplo, repetindo mais uma vez, o sistema capitalista, as crises do petróleo e do fordismo, e o clima político/ cultural da França. Estes fatores contribuíram para estabelecer o contexto maior dentro do qual o projeto do carro elétrico francês foi desenvolvido, mas ao mesmo tempo tinham relativa autonomia em relação ao processo mesmo de desenvolvimento do carro elétrico. Ora, estes processos sociais, o contexto 'externo' ao projeto, precisam fazer parte das explicações sobre o projeto e o desenvolvimento do artefato, não apenas como elementos que podem ser relativamente transformados pelos cientistas e engenheiros mas, também, como fatores moldadores, cruciais, das atividades destes agentes heterogêneos.

A lição que podemos extrair desta análise particular de Callon, é de que devemos considerar de maneira mais apropriada os fatores técnicos e processos sociais mais amplos que constituem o contexto externo do projeto, e examinar como eles contribuem para moldar o trabalho de inovação dos cientistas e engenheiros no nível local. Isto não significa, porém, voltar à concepção anterior em que os agentes locais apareciam como mediadores passivos de demandas sociais e restrições técnicas.

Uma hipótese promissora, proposta por Callon e Law, que permite desacoplar processos sociais interrelacionados, mas distintos, e admitir suas autonomias relativas, é a inclusão da distinção entre rede global e local (Callon & Law, 1989, 1992). Na primeira rede, a global, se encontram os agentes relevantes, não ligados diretamente ao processo de criação do artefato, mas que emprestam apoio, econômico ou político por exemplo, decisivo ao projeto tecnológico e, com isso, abrem um 'espaço de negociação' para a possível formação de uma rede local, que é então constituída pelos agentes da inovação. É interessante observar que, com esta simples modificação, a abordagem de rede torna-se capaz de visualizar os fatores e processos sociais mais amplos e examinar o papel de seus agentes. Vejamos como isto ocorre retomando o caso do caça aéreo britânico (Law, 1988, p44-69; Callon & Law, 1992, p21-52), descrito de forma resumida no primeiro capítulo.

II.5.e - O caso do caça aéreo britânico

O projeto do caça aéreo britânico nasceu formalmente na Agência de Requerimentos Operacionais da Força Aérea Britânica (Royal Air Force, doravante RAF) no fim dos anos 50, tendo sido cancelado em 1965 pelo novo Governo trabalhista pouco tempo após ele assumir o poder. Nas palavras de Callon e Law, “é a história de um grande projeto tecnológico militar que fracassou” (Callon & Law, 1992, p22).

Callon e Law descrevem como o projeto do caça aéreo, cujo nome era TSR.2 (caça tático e de reconhecimento), foi concebido no curso de um conjunto de negociações com ‘atores vizinhos’. Seus promotores procuraram, inicialmente, dar ao projeto uma forma que lhe permitisse a sobrevivência. O processo de negociação se instaurou quando a Agência de Requerimentos Operacionais editou um documento, o ‘requerimento operacional geral nº 399’ (GOR 399), e o Ministério da Indústria (Supply) iniciou uma política de racionalização da indústria aérea. A par disso, o Ministério da Defesa havia publicado um documento oficial (Defense White Paper), onde se pronunciava em favor de uma política de dissuasão nuclear e declarava a necessidade de mísseis balísticos de retaliação, eliminando, assim, a hipótese de apoio à construção de aviões bombardeiros.

Ao Ministério do Tesouro (ou da Fazenda) interessava que o produto final fosse barato. Na realidade, o órgão tendia a duvidar da necessidade de qualquer tipo de avião. Assim, o projeto deveria produzir apenas um tipo de avião, e isto significava que o caça deveria ser muito versátil e servir para todos os fins militares, comportando nele todas as características desejadas. Entre elas, estavam uma grande autonomia de vôo, pouso e decolagem vertical, velocidade supersônica e possibilidade de abastecimento de combustível em pleno vôo. Quanto ao Ministério da Marinha, este estava interessado em outro avião tático, o ‘Buccaneer’, e tentava persuadir a RAF a adquirir também o seu avião favorito, o que lhe traria vantagens, pois a Marinha poderia baixar os custos de produção deste outro avião. No entanto, o documento oficial, GOR 399, era bem claro: o projeto descrevia um avião grande, supersônico, caça de precisão e de grande

autonomia. Bastante diferente do Buccaneer. Isto significava que as ações da Marinha precisavam ser neutralizadas para não prejudicar o projeto. Por seu lado, o Ministério da Indústria estava interessado em que o projeto servisse ao seu propósito de racionalizar a indústria britânica de aviões, pois considerava que havia empresas demais no setor.

O projeto do TSR.2 possuía alto grau de ‘flexibilidade interpretativa’. Assim: para a Defesa e RAF o avião não representava um bombardeiro, mas um caça tático e de reconhecimento; para o Tesouro era um equipamento militar apenas razoavelmente barato; para a Marinha um competidor (bem sucedido) do seu Buccaneer; e para o Ministério da Indústria representava um instrumento de política industrial. Além disso, de acordo com a análise, o projeto e os atores vizinhos eram vistos como ‘objetos’ relativamente simples por cada um dos atores institucionais. Esta simplificação recíproca apresenta, de acordo com Callon e Law, algumas consequências:

- 1) o projeto podia ser tratado como uma série de transações (políticas, econômicas, técnicas, etc);
- 2) as transações podiam ser analisadas como uma troca de ‘intermediários’, responsáveis pela estabilização das transações. Entre eles, estavam dinheiro, prestígio político, características técnicas, peças intermediárias produzidas, conhecimento especializado, o equipamento final, etc.
- 3) tais transações poderiam moldar não somente o projeto mas os próprios atores, locais ou globais, e seus interesses.

Como Callon e Law observam, “Em 1957, o Ministério da Defesa não “sabia” que precisava de um avião TSR. Sabia somente que não precisava de um avião bombardeiro estratégico para substituir os bombardeiros V, porque os mísseis balísticos iriam cumprir este papel. No processo de interação com a Agência de Requerimentos Operacionais, o ministério foi persuadido ou se tornou consciente de seu interesse pelo avião TSR.” (op.cit., p25). Quanto à indústria de aviões, no início ela estava interessada apenas na assinatura de novos contratos. No curso das negociações e transações em torno do projeto, porém, as empresas do setor, inicialmente rivais, tornaram-se ativamente interessadas em sua própria fusão. Assim, como enfatizam Callon e Law.

“tão profundo foi este processo no caso, que elas [empresas] não foram simplesmente re-moldadas – e sim transformadas em novos atores, de pleno direito” (op.cit., p25).

Por outro lado, os interesses da Marinha não foram moldados pelo projeto do avião. Ela desejava expressamente que ele fosse cancelado. Mas, devido ao apoio de outros atores-chave globais o projeto foi adiante. “Neste caso, jogos de poder e estratégias burocráticas agiram para moldar o Ministério da Marinha. A neutralidade do Ministério do Tesouro foi assegurada em parte por meios semelhantes.” (ibid, p25).

No decorrer da análise, Callon e Law ressaltam a visão do processo como uma moldagem recíproca, na medida em que os atores não são simplesmente moldados pelas redes em que estão localizados, mas também influenciam os atores com quem interagem, já que eles mesmos estão localizados na rede global e são também moldados por ela. Os autores argumentam que esta visão “destrói uma distinção abstrata, comum nas ciências sociais, entre ator (determinado) e estrutura (determinante), ou entre conteúdo e contexto. A vizinhança de fato molda novos atores quando inicia transações com eles, mas ela, por sua vez, também é moldada pelas novas circunstâncias.” (op.cit., p26).

No início, os promotores do projeto buscaram fortalecê-lo esmiuçando suas idéias e características, pois precisavam convencer o Tesouro de que um consórcio de empresas seria capaz de produzir o caça proposto, com as características desejadas, dentro do orçamento e prazo estabelecidos. Iniciaram então a formação da equipe de projetistas, cientistas e administradores, a elaboração das características técnicas do avião, bem como a definição das empresas a serem contratadas e dos cronogramas de trabalho. Em outras palavras, “eles começaram a mobilizar atores no que podemos chamar de rede local.” (op.cit., p26).

Após a seleção de duas empresas – ‘Vickers’ e ‘English Electric’ – que haviam apresentado os dois melhores projetos entre nove submetidos ao processo de escolha, os promotores do projeto iniciaram de fato a construção da rede local, em 1959. A partir daí, a análise é parecida com aquela realizada por Callon no caso do carro elétrico: os

cientistas, engenheiros e gerentes buscaram “traduzir”, juntar, firmar e estabilizar elementos técnicos e sociais no projeto, de modo a fortalecer a rede local e, com isso, possibilitar a produção do artefato dentro do orçamento e do prazo estipulados. Mas há aqui uma diferença importante: a rede local tinha que cultivar boas relações com a rede global, de modo a manter o seu precioso apoio. Isto implicava que a rede local deveria produzir resultados, os ‘intermediários’ na linguagem da abordagem, que satisfizessem à rede global.

Os autores analisam então as dificuldades técnicas de transformar os planos das duas empresas escolhidas em um só projeto e, ao mesmo tempo, os problemas para a manutenção de boas relações entre as duas redes. Um deles se relacionava com a gerência do projeto. De acordo com o Ministério da Indústria, ela deveria ficar sob o controle de uma organização central, responsável por todas as negociações e transações. Tal organização deveria se tornar um ‘ponto obrigatório de passagem’ entre a rede local e a global. Esse papel fora inicialmente reservado para a nova empresa – a ‘British Aircraft Corporation’ (BAC) –, surgida da fusão entre as duas empresas britânicas mencionadas acima. Porém, como atores da rede global tinham acesso direto aos da rede local e podiam tomar decisões que afetavam a estrutura da rede local, eles de fato interferiam na condução do projeto. Por exemplo, o Ministério da Indústria podia conceder contratos à revelia do BAC. Assim aconteceu com o contrato para desenvolver as turbinas do avião. Apesar da unanimidade da equipe técnica do projeto, cristalizada na posição oficial do BAC, que recomendava a empresa Rolls Royce para a produção das turbinas, o Ministério da Indústria tinha outra opinião, aparentemente derivada da preocupação em implementar sua política industrial e, assim, resolveu escolher outra empresa, a ‘Bristol Siddley’. Em termos gerais, o BAC controlava apenas 30% do orçamento concedido para os gastos com o projeto. Outro exemplo: a RAF continuava a tomar decisões sobre detalhes técnicos do avião sem consultar o BAC e sua equipe, ou seja, ela aprimorava as especificações técnicas que desejava para o desempenho ideal do TSR.2. Como consequência, as empresas subcontratadas se dirigiam com frequência diretamente à RAF. As interferências externas levavam, por vezes, a mudanças nas especificações técnicas que já haviam sido fixadas. Não por acaso, portanto, foi tão demorado o processo de definição das especificações técnicas finais do avião.

Tal situação foi gradualmente provocando aumento gradual das desconfianças mútuas entre o BAC e o Ministério da Indústria, pois este achava que aquele estava falhando no seu papel de condutor do projeto. Ao mesmo tempo, o BAC se ressentia pelo fato do ministério não lhe permitir controlar os gastos do projeto. Em consequência, o BAC não conseguia agir como ‘ponto obrigatório de passagem’. Na realidade, as decisões cruciais sobre o avião eram realizadas por meio de um complexo comitê, onde participavam inúmeros representantes de várias organizações, nenhuma delas em posição de controlar todos os aspectos do projeto (op.cit., p31).

A criação da rede local apresentou inúmeros problemas técnicos, mas o principal deles se relacionava com a construção das turbinas do avião. À medida que a estrutura do avião ia sendo definida, foi ficando claro que a turbina deveria ter uma potência maior do que a inicialmente projetada. Com isto, surgiram problemas de superaquecimento das turbinas. Além disso, em dezembro de 62, uma turbina que estava em teste explodiu repentinamente. A causa, logo encontrada, estava no mau funcionamento do eixo do compressor de baixa pressão. Entretanto, os cientistas custaram a encontrar a razão para tal deficiência. A tentativa inicial de solução buscava apenas aumentar a espessura daquele eixo, com o objetivo de reforçar sua resistência. Isto conduziu, inadvertidamente, a nova série de explosões, até que, em meados de 1964, o problema foi enfim diagnosticado corretamente: “Em certas circunstâncias incomuns, o ar entre o eixo e sua vizinhança, sob alta pressão, começava a vibrar numa frequência que era a mesma da frequência de ressonância do eixo de compressão de baixa pressão. Quando isto ocorria, a turbina desintegrava-se rapidamente.” (op.cit., p34).

Em decorrência deste e de outros problemas técnicos, as empresas contratadas começaram a duvidar de que o avião pudesse ser de fato finalizado e produzido, principalmente porque sabiam da oposição ao projeto dentro do próprio governo. Elas procuravam se precaver para a possibilidade do cancelamento do projeto e, por isso, tentavam obter lucros a curto prazo, aumentando ainda mais os custos do projeto, que a esta altura já haviam praticamente duplicado. A reação das empresas prejudicava ainda

mais o andamento do projeto, fazendo aumentar o clima de insatisfação geral. Assim, em 1964, todos os atores da rede global tinham queixas: a RAF e a Defesa, porque não iriam adquirir os aviões antes de 65; o Tesouro não queria mais ouvir falar de aumento dos custos do projeto; e a Marinha via o dinheiro da Defesa ir cada vez mais para o execrado projeto. Em outras palavras, como Callon e Law ressaltam, a rede local “estava simplesmente falhando em fornecer para a rede global os intermediários que lhe haviam sido prometidos quando seus atores tinham dado sinal verde ao projeto” (op.cit., p36).

Estes problemas todos ampliaram os conflitos sobre a condução do projeto, trazendo-os para ‘uma arena mais ampla’. Novos atores entraram em cena na rede global, mais precisamente, no limitado grupo inicial de atores globais: a imprensa, a opinião pública e, mais importante, o Partido Trabalhista. Em outras palavras, os problemas surgidos transformaram o projeto do avião em tema de debate público e, a seguir, o clima político começou a solapar a sustentação do projeto. Para piorar a situação, o Governo britânico fracassou em sua tentativa de convencer a Força Aérea Australiana a adquirir os caças TSR.2. A Austrália optou pelo F111, um caça aéreo americano com características similares às do modelo britânico.

O projeto passou a depender então, crucialmente, do resultado de dois eventos iminentes. Um deles seria uma demonstração pública do avião. Isto ocorreu com sucesso em setembro de 1964, a dezoito dias das eleições gerais, quando o caça aéreo voou sem problemas na presença de grande público. E o outro, seriam as próprias eleições. A vitória dos conservadores provavelmente garantiria o futuro do projeto. Caso o Partido Trabalhista ganhasse, ele iria submetê-lo a uma reavaliação. O Partido Trabalhista foi vitorioso e, pouco mais tarde, o novo Governo decidia cancelar o projeto e adquirir os F111 americanos para a RAF.

Recapitulando, Callon e Law analisam como os promotores do projeto buscaram posicioná-lo na rede global, com o objetivo de obter tempo e recursos necessários para construir e manter a rede local. Eles examinam como a forma e as características do projeto foram influenciadas não apenas pelos esforços de seus cientistas, engenheiros e gerentes, mas também pelos eventos e estratégias que moldaram a forma da rede global.

Assim, eles rastreiam as estratégias e contingências que conduziram à criação de ambas as redes, global e local, seu desenrolar, e as ações dos seus agentes, locais e globais, quando buscavam moldar ambas as redes e controlar as relações entre elas. Descrevem, por fim, o colapso final do projeto, quando as relações entre as redes fugiram do controle. Em resumo, esta abordagem de rede examina a forma e o resultado de um projeto tecnológico focalizando a criação e manutenção de duas redes e a troca de intermediários entre elas.

II.5.f - O tecno-centrismo das abordagens ‘internalistas’

É importante observar que, na última abordagem examinada, busca-se levar em consideração os fatores técnicos e processos sociais mais amplos, que formavam o contexto externo do projeto, e como eles contribuíram para moldar o trabalho dos cientistas e engenheiros no nível local. E isto não implicou uma volta à concepção equivocada de agentes locais como mediadores passivos de demandas sociais e restrições técnicas. Ao contrário, como fica patente no caso acima, eles participaram ativamente de negociações ‘heterogêneas’ com diversos atores, inclusive os globais. Aliás, este é um dos pontos que deve ser ressaltado na versão modificada da abordagem de rede: o foco de atenção recai sobre as ‘negociações’ entre os atores das duas redes. Ou seja, os agentes das redes local e global podem ter interesses diversos e, assim, eles “enxergam” o projeto e negociam em torno dele de acordo com objetivos de sua área particular de atuação. É, sem dúvida, uma contribuição relevante para a teoria, que será aproveitada e desenvolvida mais adiante.

Há, contudo, uma questão importante que a abordagem de rede continua a não “enxergar” devidamente e que, aliás, por ser característica comum às abordagens ‘internalistas’, justifica a análise mais extensa realizada aqui sobre o caso do caça britânico. A questão é a da inserção dos grupos e agentes, locais e globais, nas regras e jogos da estrutura social. Os atores continuam sendo considerados, em geral de forma ambígua, como se não estivessem localizados nas estruturas sociais. Estas aparecem predominantemente como ilustrações históricas, e não como regras estruturadas, de acordo com a área de atividades humanas – militar ou econômica, por exemplo –, que

contribuem para moldar o comportamento dos atores locais e globais. Há que concordar com Russell, em sua crítica às abordagens ‘internalistas’, quando afirma que, “muito além da mera ‘identificação’ e ‘descrição’, os grupos precisam ser localizados e examinados no seu contexto estrutural e histórico” (Russell, 1986, p334). De modo similar, Hess critica: “Atores chegam às suas redes com histórias, e estas histórias estão incorporadas nas estruturas sociais mais duradouras que incluem patriarcalismo, racismo, colonialismo e dominação de classes.” (Hess, 1995, p53).

Mencionemos, por exemplo, a análise das decisões e dos documentos oficiais dos Ministérios da Defesa e do RAF, que não reportam o clima de anticomunismo e a política de guerra fria em que estavam inseridos na época. Tais documentos são apenas um ponto de partida da análise, já dado e pronto. Ora, a política de guerra fria e dissuasão nuclear fazia parte de um jogo maior que moldava o comportamento de inúmeros atores globais, e que se caracterizava por apresentar regras determinadas e uma dinâmica própria. Será que um exame mais detalhado deste contexto seria mesmo irrelevante para a análise do projeto? Outro exemplo: a decisão do Ministério da Indústria em escolher a empresa ‘British Sheddleley’ para produzir as turbinas do avião, opondo-se à decisão do BAC, estava relacionada, como foi sugerido, com sua política de reforma industrial do setor aéreo. Esta, por sua vez, possivelmente se relacionava com a política econômica do governo britânico e com a dinâmica do mercado nacional e internacional. Aquela decisão, portanto, está inserida no contexto destas políticas e de suas regras estruturais, relacionando-se ainda com jogos e estratégias conduzidos por seus atores relevantes. Parece claro que o papel deste contexto deveria ser analisado mais profundamente, pois ele exercia influência decisiva sobre as contingências e estratégias de alguns dos agentes globais que ajudavam a sustentar o projeto. Não se trata de analisar exaustivamente tal contexto, políticas e jogos, o que faria perder-se de vista o processo particular de construção tecnológica, mas ao contrário, de buscar verificar a inserção dos atores naquele contexto, para se entender seus interesses e estratégias com relação ao projeto do avião.

Um terceiro exemplo, exterior ao caso acima, são as ‘metas do sistema’ de Hughes – nascidas do sistema econômico, tal como lucro e eficiência produtiva, por

exemplo – por ele consideradas como óbvias e dadas. Ora, estas metas são também uma construção social que evolui historicamente (ver Capítulo I), surgem de um processo particular de produção econômica – o sistema capitalista –, e reproduzem lógicas, jogos e comportamentos de agentes deste campo econômico. Tais fatores contribuem para formar o contexto ‘externo’ do projeto, por vezes decisivo para o seu futuro. Assim, não se pode subestimar, na análise das inovações tecnológicas, a forma como os agentes locais e globais estão posicionados no contexto econômico, vis-a-vis de sua estrutura e dinâmica particular.

Como já foi visto em relação à análise do carro elétrico feita por Callon, a tendência a subestimar a influência do contexto se origina da ênfase excessiva no papel dos agentes locais e agora – no caso do caça britânico – também dos atores globais que, embora sejam levados em consideração, também tendem a ser apresentados de forma descontextualizada. Esta tendência apresenta duas consequências principais. A primeira é que, devido à consideração deficiente do papel do contexto, tanto global como local, as regras e dinâmicas de processos sociais que não estão diretamente relacionados com o processo de construção tecnológica tendem a ser reduzidas à dinâmica deste último apenas. E a segunda é que, por causa desta tendência a menosprezar o contexto particular de atividades sociais distintas, a análise e explicação sobre as negociações e transações entre os agentes assumem formas simplistas.

No caso do caça britânico, no nível local, as negociações em torno da formação e funcionamento do comitê que controlava o projeto são mencionadas superficialmente, quando deveriam merecer uma análise bem mais aprofundada, uma vez que sua estrutura hierárquica e deliberativa era crucial para a definição e andamento do projeto. O fato da nova empresa aérea, o BAC, ter sido escolhida para controlar o projeto mas, ao mesmo tempo, ela somente controlar 30% dos gastos com o projeto revela, por si só, a existência de um conflito de poder, que não pode ser explicado sem uma consideração maior das estruturas políticas e econômicas em que os agentes globais, envolvidos com o projeto, estavam inseridos. Neste sentido, afirmar que o BAC falhou em se tornar um ‘ponto obrigatório de passagem’ descreve apenas superficialmente e termina por não elucidar o processo social que conduziu o projeto a esta falha.

Do mesmo modo, no nível global, as negociações dos promotores do projeto com a RAF, o Tesouro, a Marinha, o Ministério da Indústria, a Defesa em torno dos requisitos técnicos do projeto, seu controle, seus custos, dos interesses não atendidos da Marinha, da contribuição do projeto para a reforma da indústria aérea, atendendo mais, ou menos, aos interesses das companhias fabricantes e subcontratadas, em suma, todas as negociações em torno de aspectos do projeto que se relacionavam com diversos interesses dos agentes globais envolvidos deveriam ser analisadas – também – à luz dos princípios norteadores dos processos sociais que não tinham a ver diretamente com o processo de detalhamento e construção do caça aéreo. Ou seja, para se poder analisar devidamente aquelas negociações e transações, tais processos não podem ser menosprezados ou vistos como elementos ‘dados’, do contexto ‘exterior’, que passam a possuir, misteriosamente, maior ou menor flexibilidade para serem transformados pelos agentes locais da inovação.

Callon e Law parecem esquecer-se de que a ‘flexibilidade interpretativa’, que salientam corretamente, é fruto direto do fato dos atores participantes do projeto estarem envolvidos em outras atividades sociais, onde suas regras, jogos e objetivos costumam ser diferentes. O fato destas atividades não estarem diretamente ligadas ao processo de construção tecnológica não implica que devam ser subestimadas, uma vez que elas contribuem decisivamente para manter ou não a sustentação ao projeto. Assim, a ‘simplificação recíproca’ entre os atores não pode significar menosprezo ou simplificação dos diferentes contextos em que eles estão inseridos. Por exemplo, a reação da Marinha, que não fora moldada pelo projeto, passa a ser explicada então em termos de ‘jogos de poder e estratégias burocráticas que “agiram” para moldar seu comportamento’. Não há razão que justifique tal simplismo analítico.

Uma consequência desse simplismo reducionista é que a análise se torna incapaz de explicar certos fenômenos sociais, como o fato de que o projeto é manipulado dentro da lógica de outros processos sociais, sendo visto como recurso tático, por exemplo, ou instrumento estratégico de políticas diversas. Nestes casos, Callon e Law são obrigados a apelar para explicações triviais e, por vezes, para as contingências imprevisíveis do

contexto, quando na realidade pelo menos algumas delas poderiam ser melhor esclarecidas se a abordagem fosse capaz de “enxergar” processos sociais outros que não o de construção de redes tecnológicas. Ainda como consequência deste simplismo, mesmo procurando examinar as negociações dos atores globais e locais, a abordagem acaba não permitindo uma elucidação mais clara destas negociações pois, para tanto, ela precisaria focalizar também o processo social de “construir” objetivos militares, políticos e econômicos, etc, que não pode ser reduzido ao mesmo processo de ‘construir tecnologias’ – manipulando, juntando e estabilizando elementos técnicos e sociais numa rede que cria e sustenta a tecnologia.

A proposta de distinguir atores locais e globais com o objetivo de desacoplar processos sociais interrelacionados, mas distintos, é realizada de forma incompleta. Em outras palavras, a abordagem de rede modificada, apesar de realmente levar em conta os atores globais e suas estratégias, continua negligenciando sua inserção nas regras e jogos de processos sociais não diretamente ligados ao processo de construção tecnológica. E isto, infelizmente, não ocorre por acaso, faz parte da metodologia da abordagem, que visualiza os processos sociais da sociedade como se eles obedecessem à mesma dinâmica das atividades de construção tecnológica. Nos outros processos sociais, a metáfora ou metodologia de rede tende a empobrecer a análise. Por exemplo, a análise da ampliação dos conflitos em torno da condução do projeto do avião e do seu debate numa arena mais ampla, já próximo do seu fim, não se torna mais rica com a mera referência aos novos atores que entram em cena – a imprensa e o Partido Trabalhista –, e aos seus interesses declarados em relação ao projeto.

Parece claro, portanto, que esta é uma limitação real da abordagem de rede, na medida em que sua ênfase central continua sendo a construção da tecnologia, e que não considera devidamente os demais processos e jogos (no caso, da sociedade britânica), que se revelaram decisivos para o andamento do projeto. Como consequência desta limitação, a abordagem tende a se tornar ‘tecno-cêntrica’, pois situa o foco de análise excessivamente sobre a tecnologia, como se ela estivesse no centro de todas as atividades sociais, quando na realidade o processo de construção de tecnologias é apenas uma das inúmeras atividades que produzem e reproduzem, diariamente, a sociedade.

II.5.g - Algumas conclusões sobre a perspectiva ‘internalista’

Uma importante contribuição das abordagens nascidas da Sociologia do Conhecimento Científico foi a de buscar integrar os fatores sociais e técnicos, e trazer o foco de análise para as atividades ‘heterogêneas’ de cientistas e engenheiros no processo de moldagem de tecnologias. São estes atores que mediatizam, não como coadjuvantes passivos, mas como participantes ativos, que manipulam, transformam e inserem os fatores sociais e técnicos em dado projeto e, assim, moldam as características técnicas do artefato em desenvolvimento, bem como as demandas e objetivos dos agentes da rede global mais diretamente envolvidos em dado projeto.

Neste sentido, é importante a consideração de que os cientistas e engenheiros negociam ativamente com atores de outras áreas da sociedade as características técnicas de um dado artefato. Isto significa que eles possuem certa autonomia e poder de barganha, pois detêm o conhecimento científico e técnico. Porém, não se pode esquecer que há outros agentes na sociedade, que podem ser fortes e entrar em conflitos entre si por motivos outros que não a tecnologia em questão, e que utilizam seu poder para barganhar seu precioso apoio financeiro e político com os cientistas, com frequência em consonância com sua posição naqueles conflitos. Por causa disso, é sumamente importante analisarmos estes outros processos e conflitos sociais.

Ao chamarem a atenção, corretamente, para o papel-chave desempenhado por cientistas, engenheiros e gerentes no campo científico/ tecnológico, isto é, ao reconhecerem e descreverem de forma detalhada seu trabalho heterogêneo, os enfoques ‘internalistas’ acabam tendendo inadvertidamente a superdimensionar o papel desses agentes. Assim, esses agentes não somente manipulariam elementos técnicos e sociais, inserindo-os nas tecnologias, como também construiriam e reconstruiriam a sociedade, na medida em que lhes é atribuída, com frequência, a liderança principal no processo de moldagem da tecnologia e, por conseguinte, da própria sociedade.

Esta ênfase nas atividades dos profissionais heterogêneos se deve, como já foi mencionado, à forma desequilibrada como é concebida a moldagem recíproca entre os agentes e os fatores técnicos e sociais. A influência dos fatores contextuais, das regras da estrutura social é subestimada em favor do papel ativo dos agentes sociais como moldadores dos primeiros, especialmente os atores relacionados com o campo científico/ tecnológico, não importando para a análise se o ator é local ou global. A consequência disto é o reducionismo dos processos sociais particulares de outras atividades da sociedade, e resulta na desconsideração de dinâmicas sociais específicas de outras esferas da sociedade, como as esferas econômica e política. A análise de suas dinâmicas (quando estas são objeto de análise) é realizada sob o ponto de vista da ‘construção de tecnologias’, utilizando-se sem cerimônias ferramentas analíticas utilizadas no exame do campo científico/ tecnológico. Em resumo, o funcionamento de outras áreas da sociedade tende a ser acoplado de forma reducionista ao processo de geração de ciência e tecnologia.

Outra argumentação passível de crítica se relaciona com a visão do processo tecnológico como uma moldagem recíproca entre atores e suas redes, que é essencialmente correta. Porém, tal visão destrói apenas na *retórica* a distinção entre agente e seu contexto, ou entre as características da tecnologia e o contexto de sua moldagem. O fato de haver uma moldagem recíproca entre agentes locais e globais, o contexto técnico e social, e as características da tecnologia resultante, não significa na realidade que a distinção entre ‘interno’ e ‘externo’ perca sua importância analítica. Tanto isso é verdade que tal distinção reaparece na própria abordagem de Callon e Law, quando eles distinguem os atores ‘locais’ dos ‘globais’, bem como suas respectivas redes. Esta questão é relevante e será retomada no Capítulo III.

II.6 - O meio termo entre as duas perspectivas

Procurei identificar e mostrar neste capítulo, com a discussão das duas perspectivas de análise, que a lógica do processo social das atividades humanas no campo científico/ tecnológico não é a mesma de outros processos sociais desenvolvidos em outras áreas da sociedade. As regras institucionais destes vários processos, seus

atores principais, suas estratégias e objetivos, não são os mesmos. Além disso, cada campo de atividade humana pode apresentar relativa autonomia em relação aos demais, e o grau desta autonomia pode ser determinado empiricamente (podendo haver casos de superposição). Ou, dito de outra maneira, cada processo social particular é relativamente dependente dos outros, e as causas do seu desenvolvimento dependem, em diferentes graus, tanto de sua dinâmica própria como da de outras esferas sociais. Se, por um lado, as atividades tecnológicas não devem ser reduzidas à lógica das atividades econômicas ou políticas – ao preço de alcançarmos uma descrição detalhada do contexto político e econômico e seus atores, porém sem a devida consideração do papel-chave de cientistas e engenheiros na moldagem da tecnologia –, por outro lado, as outras atividades humanas não devem ser reduzidas à lógica da atividade científica/ tecnológica. Neste caso, o risco é o empobrecimento da análise de processos sociais que já são extensamente estudados e explicados em outras áreas das ciências sociais.

Neste sentido, as atividades tecnológicas dos profissionais heterogêneos precisam ser, de alguma forma, melhor articuladas com as regras da estrutura social, tanto da área científica/ tecnológica quanto dos campos político e econômico, entre outros. Isso poderá permitir, defendendo, uma visualização mais clara da influência da estrutura social, bem como do papel ativo de diversos agentes (entre os quais figuram os cientistas e engenheiros) nos processos de geração tecnológica. Ou seja, ainda é necessário encontrar uma maneira mais apropriada de considerar o papel das estruturas e agentes sociais ‘externos’ e sua contribuição na moldagem do trabalho ‘interno’ de inovação dos cientistas e engenheiros.

Toda essa discussão nos conduz, portanto, a conclusão de que é necessário uma combinação das duas perspectivas, bem como uma concepção analítica que seja capaz de lidar com a relativa autonomia das atividades humanas específicas, como as econômicas, políticas e científicas, entre outras. Gostaria de fazer recordar, porém, que uma vez que se admite a relativa autonomia das diferentes atividades sociais, a problemática da ordenação e da importância relativa dos fatores sociais e técnicos retorna novamente com toda a força. Se podem existir várias atividades sociais relevantes para uma dada inovação tecnológica e uma delas pode vir a ser, dependendo

do caso, a preponderante, como então fornecer uma explicação coerente para todas as possibilidades, em termos analíticos, que possa ir além da mera descrição histórica? Uma primeira resposta, intuitiva, poderia ser a de que os agentes de uma dessas áreas teriam, em um dado caso, maior visão futura ou poder de atuação que os de outras áreas. Creio que em parte a resposta se encontra nessa direção. Porém, estaria faltando explicar essa capacidade maior de visão e ação de certos agentes da inovação. Esse é o tema que tentarei abordar no próximo capítulo.

Capítulo III

Discussão para a Proposta de uma Abordagem Alternativa

III.1- Introdução

Procuro, neste capítulo, discutir e propor alguns conceitos e idéias com vistas a formulação de uma abordagem alternativa que combine as duas perspectivas de análise – a ‘externalista’ e a ‘internalista’¹.

O propósito e a necessidade de criar tal alternativa nasce das limitações observadas nos enfoques usados para analisar a Moldagem Social da Tecnologia. Essas limitações não significam que o aporte das duas perspectivas de abordagem do problema possa ou deva ser desprezado. Elas sugerem apenas que é possível redefinir o arranjo dos fatores sociais e técnicos e, assim, tirar proveito das contribuições conceituais dos diversos enfoques das duas perspectivas.

Nessa linha, pretendo examinar alguns temas teóricos cruciais e propor um modo particular de combinar as duas perspectivas. Através dele, certas fragilidades de ambas as visões podem ser superadas, cuidando-se, ao mesmo tempo, de preservar seus aspectos construtivos.

O objetivo de uma abordagem alternativa não é o de oferecer um modelo completo ou uma visão exaustiva do processo de inovação tecnológica, mas sim o de

¹ Para não deixar dúvidas, as duas perspectivas aqui referidas são as definidas por Edge (1995), não são os estágios propostos por Hughes (1988), ver Capítulo II, Seção 5.b.

orientar o foco de atenção sobre o material empírico, organizá-lo de modo a permitir distinção mais clara de suas várias dimensões, facetas e dinâmicas de transformação (Mouzelis, 1991). Essa alternativa de ordenar os fatores técnicos e sociais tem o propósito de ampliar as frentes de pesquisas, tentando orientá-las de modo a torná-las mais ricas e produtivas, e não à busca de generalizações teóricas grandiosas, ou ao encontro de verdades absolutas, sobre o processo de geração tecnológica e/ou de transformação da sociedade.

Quais são as limitações das abordagens descritas até agora? No Capítulo II procurei mostrar como os enfoques que surgiram da corrente ‘Sociologia do Conhecimento Científico’ (SCC) trouxeram decisiva contribuição teórica ao modo de lidar com fatores sociais e técnicos procurando associá-los num quadro teórico mais integrado. O ponto de partida desta corrente é a crítica àquelas que põem peso exagerado nos fatores sociais. As abordagens, que enfatizam o papel de certos fatores sociais ‘externos’, sejam eles sociais, econômicos ou políticos (ex: interesses de grupos dominantes, regras gerais da estrutura, econômica, política, organizacional, etc), em geral, tendem a:

1. isolar os fatores sociais e examiná-los de forma estanque, em separado dos demais. Com isso, as análises tendem a perder de vista o processo como um todo e terminam por examiná-lo parcialmente, tornando-se incompletas.
2. superdimensionar o papel destes fatores, não levando devidamente em consideração o papel de situações específicas locais e, mais importante, dos cientistas e engenheiros no processo de inovação tecnológica;

Alguns exemplos extremos desta tendência, como já foi mencionado, são as metáforas do tipo ‘paradigma tecnológico’ (ou ‘trajetória tecnológica’, ‘imperativo técnico-econômico’, etc), ou idéias-chave como ‘interesse objetivo’ da classe capitalista em desqualificar trabalhadores.

De modo geral, as limitações das abordagens que utilizam fatores sociais ‘externos’ em suas explicações estão no fato de que elas tendem a prescindir da análise a maneira pela qual os cientistas, engenheiros e gerentes mais envolvidos com o

desenvolvimento de tecnologias transformam aqueles fatores sociais em características técnicas do artefato tecnológico. Ou seja, como os cientistas e engenheiros ‘traduzem’ as demandas ‘externas’ – limites de orçamento, objetivos dos usuários, estratégias de gerentes, disputas por poder dentro de organizações, nicho não explorado do mercado, cultura machista, competição no mercado de certa tecnologia, legislação específica do setor, seus próprios interesses como cientistas, etc – em características técnicas que atendem a todo este conjunto de restrições e demandas sociais. Nesse processo, em geral bastante conflitivo, qual o papel preciso que os atores da área científica desempenham?

Tentei demonstrar, ainda no Capítulo II, que a perspectiva ‘internalista’ termina por fazer o inverso: ela superdimensiona o papel da situação específica local e dos cientistas e engenheiros, e relega a segundo plano, quando não ignora de todo, o papel de fatores sociais mais amplos, com suas estruturas e dinâmicas particulares, no processo de inovação tecnológica. Alguns de seus enfoques chegam, por vezes, a deduzir os fatores externos a partir da situação local afirmando que eles são resultado de interações locais.

Acredito que já esteja bem clara para o leitor a necessidade de haver um meio termo ou uma combinação entre as duas perspectivas de análise, uma vez que tanto o contexto estrutural maior e suas dinâmicas, quanto as atividades mais diretamente ligadas a criação de novas tecnologias, são relevantes para a elucidação do processo de geração tecnológica. Uma pergunta óbvia que ocorre neste momento é: mas já não existem análises de inovações tecnológicas em que se faça uma combinação entre as duas perspectivas? Sim, existem, porém, tais combinações são realizadas de modo apenas implícito. Em outras palavras, carece-se de um estudo mais profundo sobre a relativa autonomia dos diferentes setores de atividades sociais, capaz de explicá-la em termos analíticos.

Um exemplo de enfoque em que as duas perspectivas são utilizadas, mas de modo implícito, é a análise comparativa realizada por Molina sobre a história do desenvolvimento dos sistemas de telefonia no Reino Unido e Suécia (Molina, 1990), que é utilizada na segunda parte do presente trabalho. Molina faz uma descrição

minuciosa dos diferentes fatores históricos e estruturais que constituíam o ambiente ‘externo’ da criação dos projetos dos sistemas de telefonia; as estratégias ‘internas’ das empresas, governos, cientistas, etc, que reagiam às limitações e, na medida de suas possibilidades, alteravam o contexto; descreve também o lento processo de configuração recíproca entre ambiente e estratégias no processo de desenvolvimento dos sistemas de telefonia nos dois países. Entretanto, a análise em momento algum tenta elucidar – *em termos analíticos* – porque certos fatores foram mais importantes num caso, e menos no outro. Por exemplo, tanto na Suécia como no Reino Unido havia forte pressão do mercado internacional por equipamentos de telefonia mais avançados. No entanto esta pressão teve efeito radicalmente diferente nos dois países. Num caso levou as empresas suecas a desenvolverem um dos sistemas digitais de maior sucesso comercial no mundo, e no outro caso, levou os britânicos a criarem um sistema que seria utilizado quase que somente no Reino Unido. Molina responde a essa questão, recorrendo as características históricas do contexto (no caso, o mercado britânico) e seus agentes. O que cobro na análise é avançarmos além dessa descrição dos fatores históricos relevantes – o que já é, na realidade, de extrema importância –, mas não suficiente, pois creio que é preciso esclarecer e teorizar de modo mais claro a configuração mútua entre o contexto e os agentes para, com isso, podermos elucidar as diferentes iniciativas e estratégias dos atores suecos e britânicos.

Resumindo, a utilização conjunta das duas perspectivas deveria resultar num método de análise em que ambos os lados pudessem ser levados em consideração. Entretanto, como essa combinação é, em geral, realizada de maneira pragmática e implícita, ou seja, feita sem maior preocupação com a sistematização teórica do grau de importância ou influência que os fatores sociais externos e as estratégias dos atores da inovação apresentam em cada caso específico, corre-se o risco de adentrar o terreno fácil e cômodo do empiricismo, onde os fatos parecem se explicar por si mesmos. Neste sentido, a combinação pura e simples das duas perspectivas, sem conceitos analíticos precisos que possibilitem a ordenação e hierarquização relativa dos fatores e agentes pode levar a uma análise apenas histórico-descritiva. A fragilidade deste tipo de análise, creio, está em que ela deixa em aberto duas questões-chave:

1. não explica porque, em certos casos, determinados fatores e estratégias são preponderantes e, em outros, embora presentes, são secundários;
2. não elucida de maneira explícita e sistemática a relativa autonomia das esferas de atividades diferentes que influem na geração de certa tecnologia, e não permite se colocar questões de como, por exemplo, tal autonomia se transforma historicamente.

A proposta deste capítulo, portanto, é trabalhar no sentido de combinar as duas perspectivas e tentar superar algumas das limitações dos três tipos de abordagens identificadas aqui: a) as ‘externalistas’, que superdimensionam os fatores sociais mais amplos; b) as ‘internalistas’, que fazem o inverso, superestimando o papel da situação local e dos cientistas e engenheiros; e c) as que combinam as duas perspectivas de modo implícito ou histórico-descritivo. Talvez possa parecer para o leitor que não examino suficientemente as combinações existentes em análise de casos da literatura. Meu argumento é de que parte dessa discussão já se encontra presente na análise das duas perspectivas.

A combinação pretendida não é proposta fácil e para desenvolvê-la, optei por iniciar a discussão pela questão da configuração recíproca entre contexto e agentes. Esse caminho nos levará a idéia-força do enfoque alternativo, qual seja, a da contribuição variável dos atores e do contexto. A seguir, esmiuçarei essa idéia principal para se alcançar, primeiro, a questão da hierarquia social e sua importância crucial, segundo, a questão das regras da ‘produção social’ nas diferentes atividades humanas e de suas relativas autonomias e, por último, o papel das contradições entre os conjuntos de regras que orientam as diferentes atividades sociais, entre elas, as de geração tecnológica.

III.2 - A questão da configuração recíproca entre o ‘técnico’ e o ‘social’

É ponto pacífico entre os enfoques da Moldagem Social da Tecnologia a assunção de que a ‘Tecnologia’ e a ‘Sociedade’ se moldam mutuamente. Uma das diferenças que caracteriza os enfoques é a ênfase maior que cada um dá para um dos lados, como já foi examinado nos capítulos precedentes. Os enfoques que enfatizam a

Sociedade dão maior importância ao ‘contexto social’, à ‘estrutura social’, ou ao ‘contexto externo’ como condicionantes da geração tecnológica. Por sua vez, os que privilegiam a Tecnologia enfatizam as características técnicas dos artefatos e/ou os seus impactos sociais, ou ainda, o próprio processo de criação dessas características como transformadores dos processos sociais. Dentro desse esquema, as áreas econômica e política costumam com frequência serem apontadas como estando do lado da Sociedade, e o processo de geração científica e tecnológica do lado da Tecnologia. Pode-se afirmar, desse modo, que há algum grau de interconexão nas seguintes oposições: ‘Sociedade e Tecnologia’, ‘econômico/ político e científico/ tecnológico’, ‘externo e interno’, ‘macro e micro’, ‘estrutura e agente’. Elas não chegam a se sobrepor inteiramente, mas, grosso modo, os vários enfoques as relacionam atribuindo peso maior a uma ou outra dessas oposições. Início, portanto, a discussão sobre a configuração recíproca examinando o dilema ‘micro’ versus ‘macro’.

Um ponto comum nas perspectivas ‘externalista’ e ‘internalista’ é a distinção normalmente utilizada entre os níveis de análise micro e macro. Hipótese assumida com frequência é a de que o nível de análise ‘micro’ examina atores individuais ou se relaciona com processos em pequena escala, e que o nível ou situação ‘macro’ envolve grandes grupos ou processos em larga escala (Mouzelis, 1991, cap4). MacKenzie, por exemplo, em sua discussão sobre ‘sociologia micro versus macro de ciência e tecnologia’ (MacKenzie, 1988), considera “dois tipos de práticas sociológicas: uma focalizando interações observáveis no dia-a-dia e realizadas por indivíduos em situação face-a-face; e a outra estudando, de um modo menos diretamente observável, relações que o analista poderia chamar de ‘históricas’ mais do que cotidianas, e que são espacialmente difundidas” (op.cit., p1).

Assim, o nível ‘micro’ é com frequência tomado como sinônimo de processos locais com a presença de poucos indivíduos, em situações de interação face-a-face, como aqueles que ocorrem, por exemplo, em laboratórios ou centros de pesquisas. Paralelamente a isso, ‘micro’ é identificado com a ação de agentes livres, com ampla liberdade de ação e, o mais importante, não determinada de antemão pelo contexto ou pelas estruturas sociais mais amplas. Por outro lado, o nível ‘macro’ é em geral

identificado com a força restritiva e/ou motriz das regras sociais das estruturas econômica, política e cultural de uma dada sociedade, cujos processos globais de transformação – nos quais participam um grande número de indivíduos – são caracterizados como ‘históricos’ e que, em particular, não podem ser influenciados individualmente por pessoas comuns.

Intuitivamente, existem boas razões para se aceitar este tipo de distinção entre os níveis de análise micro e macro. As abordagens que partem do princípio de que os cientistas e engenheiros agem com relativa liberdade de ação no nível local parecem estar com a razão, uma vez que estes agentes criam algo novo, uma solução técnica nova, não pensada antes, para uma situação específica e, assim, de fato conseguem por vezes iniciar um processo que altera profundamente as estruturas sociais mais amplas. O exemplo da lâmpada de Thomas Edison parece mostrar isto. A partir de sua pesquisa local e específica sobre o filamento de lâmpadas ele conseguiu viabilizar e construir um sistema de energia elétrica que, em poucos anos, provocou modificações profundas na sociedade moderna.

Por outro lado, as abordagens que partem do princípio de que é no nível macro que são definidas as regras sociais mais amplas, responsáveis pelos caminhos possíveis para a evolução de novas tecnologias, também parecem ter razão, pois estas regras mais amplas não podem de modo algum ser ignoradas por cientistas e engenheiros, e sua mudança não pode ser realizada localmente por pessoas comuns ou cientistas individualmente. O exemplo de Thomas Edison novamente parece bem apropriado. Ao se deter na pesquisa sobre o filamento da lâmpada, Edison estava condicionado pelo contexto maior da sociedade americana do final do século passado, com sua estrutura econômica capitalista, seus padrões sociais e culturais característicos, e pela existência de uma indústria de iluminação a gás. Estes fatores, indubitavelmente, tiveram influência decisiva sobre o modelo do sistema de energia elétrica desenvolvido por Edison, e pela orientação de suas pesquisas no sentido de construir um certo tipo de filamento elétrico que viabilizasse o sistema alternativo de iluminação.

Como já se pode perceber, a distinção entre os níveis de análise micro e macro se encontra frequentemente sobreposta à oposição – por vezes, antagônica – entre o papel do agente e o da estrutura social nos processos de desenvolvimento social. A distinção descrita acima entre micro e macro parece tornar inevitável a existência de dois tipos de sociologia, cada uma enfatizando a importância maior de um dos lados da questão: na micro-sociologia, o papel da ação de indivíduos relativamente livres e em processos locais de interação face-a-face; e na macro-sociologia, o papel das estruturas sociais mais amplas da sociedade e de processos sociais impessoais que envolvem grande número de pessoas. Consequentemente, com essa distinção torna-se impossível combinar as perspectivas ‘externalista’ e ‘internalista’, pois uma sempre tenderá a prevalecer sobre a outra.

A questão de fundo que está implícita nesta oposição é a resposta que o analista termina por fornecer – explicitamente ou não – para a seguinte questão: no curso dos acontecimentos, qual é o peso relativo entre, de um lado, as restrições da situação objetiva e, de outro, as decisões autônomas dos atores? (Przeworski, 1985). Dependendo da importância maior que o analista atribua a um dos lados da equação ele estará, ao mesmo tempo, escolhendo um dos tipos de sociologia. Mesmo que admita a configuração recíproca entre circunstância e sujeito ele termina sendo obrigado a escolher um dos lados. A distinção entre os níveis ‘micro’ e ‘macro’ empregada não lhe permite adotar um meio termo de modo coerente.

Finalmente, os conceitos de ‘externo’ e ‘interno’ deslocam a discussão do terreno sociológico mais geral para o específico dos estudos de ciência e tecnologia. O termo ‘interno’ esteve historicamente associado com as características ou a lógica ‘interna’ da ciência e da tecnologia, ou de seu progresso. como foi discutido no Capítulo II. No entanto, a partir daí, ‘interno’ passou a significar tudo o que está diretamente relacionado com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. O que não está assim relacionado, é considerado como ‘externo’. Nesse sentido, as estruturas e agentes que são ‘externos’ à atividade de inovação são vistos com frequência como fatores ‘externos’.

Com esse exame rápido das várias formas em que aparecem o dilema da configuração recíproca entre estrutura e agente, é necessário buscar uma solução para ele. Como sugerido no final do Capítulo II, pode-se começar afirmando que a moldagem mútua seja assimétrica. A idéia-chave, ainda intuitiva, é a de que as estruturas e os agentes não são todos iguais. Assim, a influência efetiva de cada um na configuração mútua entre eles, realizada a cada instante, não é simétrica. Em termos mais diretos, algumas estruturas têm maior impacto na orientação da ação dos indivíduos, e alguns destes têm maior poder de ação que outros na reprodução/ alteração das próprias estruturas. Portanto, a contribuição das estruturas e dos atores apresenta várias dimensões e é sempre variável, ou seja, alguns atores e estruturas influenciam mais que outros no desenvolvimento social, de modo geral, e na geração tecnológica, em particular.

Pode-se dizer, ainda intuitivamente, que uma solução desejável seria levar em consideração a contribuição variável de ambos os lados de forma integrada: uma análise que enxergasse tanto o papel das estruturas sociais mais amplas e históricas como o das ações de agentes locais, papéis estes que se “complementariam de modo equilibrado”. Com isso estaríamos, ao mesmo tempo, dissolvendo o problema da distinção entre ‘micro’ e ‘macro’. Assim, tendo em vista os estudos de ciência e tecnologia, a solução desejável seria a que concebesse o processo de moldagem mútua entre o contexto (estrutural macro, global ou externo) e a ação (de atores micro, local ou interna) de modo a:

- a) não isolar os fatores estruturais e não analisá-los de forma estanque, como se fossem variáveis independentes uma das outras;
- b) não considerar um fator ou um conjunto particular deles como a causa primária – a priori – que explica todos os demais fatores e a própria evolução tecnológica. evitando-se com isso qualquer tipo de determinismo, social ou técnico.
- c) não reduzir o papel de cientistas e engenheiros que atuam localmente a mediadores passivos de fatores externos;
- d) não superdimensionar, por outro lado, o papel dos atores locais da área científica e tecnológica;

- e) não acoplar diretamente processos sociais que ocorrem em paralelo com os do desenvolvimento científico/ tecnológico;
- f) e, finalmente, equilibrar na análise da moldagem da tecnologia a contribuição dos dois lados – das estruturas e dos agentes.

Essa solução que chamamos de “desejável” não responde, entretanto, a questão mais importante: como definir claramente, em termos analíticos ou sociológicos, a ‘complementaridade’ entre as restrições objetivas da estrutura social e a ação até certo ponto autônoma dos atores? Qual é o grau de ‘objetividade’ das estruturas? Qual é o grau de autonomia da ‘subjetividade’ dos agentes?

III.3 - Descendo do geral para o particular

Essa discussão sobre a configuração recíproca tem sido conduzida nos meios acadêmicos de forma muito generalizada e abstrata, o que termina por não permitir sua visualização no nível particular e concreto. É preciso examinar como, nos casos particulares, as estruturas e agentes se moldam reciprocamente. Então se poderá retornar novamente ao nível da generalização, mas de maneira mais coerente e precisa. Ou seja, temos de evitar a discussão do tema apenas no nível geral e procurar ver como a configuração mútua ocorre na prática. Isso significa tentar examinar com exemplos o que caracteriza os agentes e as estruturas, e responder às seguintes perguntas: são todos iguais? Quais os tipos de estruturas e atores que existem? A contribuição dos agentes é igual para todos eles? Quais os níveis de influência das estruturas? E assim por diante.

Para tentar respondê-las recorrerei às contribuições sociológicas de Nicos Mouzelis (Mouzelis, 1991, 1992, 1995). Este autor analisa e propõe com especial clareza conceitos sociológicos que são, ao meu ver, extremamente úteis para as ciências sociais e para a Moldagem Social da Tecnologia. Discuto, inicialmente, certas dimensões da estrutura social e a maneira como elas contribuem para moldar as ações dos atores e, a seguir, o processo inverso.

III.3.a - As três dimensões das regras sociais das interações humanas

Mouzelis sustenta que a estrutura social pode ser vista como um conjunto de regras que delimitam, orientam e moldam as ações dos agentes da sociedade, de suas organizações e instituições. Ele sugere que as regras que regulam as interações sociais podem ser visualizadas em três dimensões (Mouzelis, 1995, p104):

- a) a posicional; regras que se originam da ‘posição’ ocupada pelos agentes;
- b) a disposicional; regras que aparecem na forma de ‘disposição’ dos agentes;
- c) a situacional; regras que se originam da ‘situação’ específica em que se encontram os agentes.

A primeira dimensão abrange aquelas ações e práticas sociais que são moldadas por regras relacionadas com a ‘posição’ em que os agentes estão localizados na estrutura social. Ou seja, os agentes assumem certos papéis sociais, que são definidos por sua posição particular na estrutura social. Por exemplo, o cientista X é o chefe do departamento de P&D da empresa Y. Ele assume determinados papéis e cumpre certos deveres como ‘chefe do departamento de P&D’. Tais papéis implicam o conceito de ‘expectativas normativas’, desenvolvido e analisado em detalhes por Parsons (Mouzelis, 1992, p198).

A dimensão disposicional, por sua vez, salienta as ações que são moldadas por normas, regras e convenções não necessariamente institucionalizadas na estrutura social, mas que estão *internalizadas* pelos agentes sociais sob a forma de ‘disposições’, adquiridas em processos prévios de socialização, educação e treinamento (Berger & Luckmann, 1966). Por exemplo, os cientistas do departamento de pesquisas X projetaram um novo sistema de telefonia Y de acordo com o ‘paradigma de chaveamento’ (Harris & Martin, 1981). Tais cientistas foram formados e treinados numa época em que o mais importante neste tipo de projeto tecnológico era a definição da ‘chave’ do sistema de telefonia, e a partir de então se desenvolvia o resto. Regras e convenções internalizadas pelos indivíduos também podem ser vistas como práticas sociais rotineiras, tradições sociais, qualificações técnicas ou *habitus* (Bourdieu & Wacquant, 1992).

Finalmente, a dimensão situacional considera a efetivação de ambos os tipos de regras numa ‘situação histórica específica’. Ela focaliza aquelas ações que são moldadas pela ‘situação particular’ em que se encontram os atores. Isto significa examinar de que maneira um conjunto específico de regras – institucionalizadas e internalizadas – se torna realidade no comportamento dos atores sociais. Esta dimensão, portanto, salienta a especificidade da interação social cujos resultados podem não ser diretamente derivados das regras inscritas nas instituições e organizações sociais, incorporadas nas características técnicas dos artefatos tecnológicos, ou internalizadas pelos agentes como práticas sociais e qualificações técnicas. São aqueles resultados – na forma de características técnicas e de regras sociais nelas incorporadas, e do próprio comportamento dos atores – que não são derivados diretamente das regras existentes anteriormente.

Tomemos por exemplo, o funcionamento do sistema de transporte urbano nas grandes cidades. Nesse tipo de sistema sócio-técnico, os artefatos técnicos costumam ser os carros, ônibus e metrô, ruas e avenidas, túneis e viadutos, placas e sinais de trânsito. Os agentes sociais são os usuários dos transportes, pedestres, guardas de trânsito, etc. Todos eles incorporam as regras sociais que definem como os agentes devem se comportar para que o sistema funcione bem como um todo. Os motoristas de carros devem respeitar os locais proibidos ao estacionamento, respeitar a faixa de pedestres nos cruzamentos e não devem dirigir bêbados. É isso que a sociedade espera dos atores que estão situados na ‘posição’ de motoristas e desempenham tal ‘papel’, ou seja, é a ‘expectativa normativa’ que Parsons analisou em detalhes. Mas o comportamento dos motoristas não é moldado apenas por essa dimensão ‘posicional’. Os motoristas aprenderam a dirigir em algum momento e em algum local, geralmente em auto-escolas. Além disso, carregam consigo um conjunto de valores da própria sociedade sobre o que significa e para que serve dirigir (transporte, lazer ou esporte). Desse modo, os motoristas terão a tendência ou o hábito, maior ou menor, de respeitar as leis de trânsito, ou de serem gentis uns com os outros. Essa é a dimensão ‘disposicional’. Portanto, as regras sociais de conduta dos motoristas de carros, bem como dos demais usuários do sistema de transporte, estão incorporadas nas instituições sociais e nos artefatos

técnicos, e internalizadas pelos motoristas em processos prévios de socialização e aprendizagem. Porém, o analista que se conformasse com essas duas dimensões conseguiria obter apenas um retrato incompleto da realidade do tráfego urbano e de sua transformação no tempo. Fica claro que falta a dimensão situacional, aquela em que os fatos do dia-a-dia se concretizam em situações históricas particulares. Isso depende, claro está, das dimensões anteriores, porém, não é reduzível a elas. No caso de imprevistos, como acidentes graves de trânsito, por exemplo, ou de greve geral do sistema de ônibus e metrô, o funcionamento de todo o sistema de tráfego pode sofrer alterações drásticas, momentaneamente. A reação dos usuários de transporte não é inteiramente previsível nessas situações. Mas, mesmo que não ocorram imprevistos, pode haver situações em que surgem reações não previsíveis, causadas, digamos, por contradições ou incompatibilidades do próprio sistema de tráfego; por exemplo, entre a capacidade limitada de tráfego das ruas e avenidas e o número crescente de carros e ônibus que se incorporam anualmente à frota total da cidade. Nessa situação, motoristas podem tentar usar (ou criar) vias alternativas, mesmo proibidas, para tentar fugir dos congestionamentos cada vez maiores. E as autoridades locais podem, por vezes, adotar oficialmente tais soluções criadas por motoristas afoitos. Reações como essas são comuns em grandes cidades do terceiro mundo, como o Rio de Janeiro, em que as sanções policiais são inoperantes e os motoristas se sentem mais livres para criar alternativas com vistas a fugir do trânsito caótico. Portanto, para se analisar o tráfego urbano e sua evolução, da mesma forma que qualquer sistema social e técnico, precisamos das três dimensões das interações sociais.

Em resumo, a dimensão situacional permite ao analista examinar adequadamente o papel da improvisação e da criação a que os atores sociais recorrem, com frequência, para resolver seus problemas diários sem, com isso, menosprezar o papel das duas primeiras dimensões. Claramente, os enfoques da perspectiva ‘internalista’ enfatizam a dimensão ‘situacional’ e tendem a menosprezar as duas primeiras, a ‘posicional’ e a ‘disposicional’, enquanto as abordagens da perspectiva ‘externalista’ costumam fazer o oposto. Tal diferença é sintomática no tipo de tecnologia que as duas perspectivas “preferem” analisar. Em geral, os enfoques ‘internalistas’ examinam tecnologias ou sistemas tecnológicos *nascentes*, em que o contexto social é fluido e incerto, e as regras

do novo campo estão ainda por serem estabelecidas (Williams & Edge, 1992, p8). Nesses casos, a dimensão situacional torna-se de fato mais relevante. Enquanto que, por outro lado, as abordagens ‘externalistas’ costumam examinar a evolução *incremental* de tecnologias já existentes, em que o contexto social e institucional já se encontra mais estabelecido. Nesses casos, as dimensões posicional e disposicional tornam-se mais importantes. De qualquer modo, é importante salientar que, para ter um quadro mais completo da realidade social e técnica, é necessário considerar as três dimensões.

Tentemos agora examinar o processo inverso: em que medida os agentes contribuem para moldar os fatores técnicos e as estruturas sociais? Uma parte da questão está, como sugerido acima, na dimensão situacional onde as regras institucionalizadas e internalizadas moldam apenas parcialmente o comportamento dos agentes, que recorrem comumente à improvisação no uso destas regras, criando, assim, procedimentos e soluções novas para seus problemas, que não podem ser derivadas diretamente daquelas regras.

A análise das dimensões das interações humanas ainda não esclarece, entretanto, o dilema entre o papel das regras condicionantes da estrutura social ‘macro’, de um lado, e o da ação autônoma dos agentes ‘micro’ com suas improvisações, pelo outro. Permanece irresolvida, ainda, a questão da identificação do conceito de ‘estrutura’ com o nível ‘macro’, e do de ‘agente’ com a ação no nível ‘micro’, bem como a questão da oposição, por vezes antagônica, entre a importância relativa atribuída aos dois extremos. Assim, para responder à segunda parte da questão – em que medida os agentes contribuem para moldar as estruturas sociais –, voltaremos nossa atenção para a distinção que é feita tradicionalmente entre os níveis micro e macro.

III.3.b - Redefinindo a distinção entre ‘micro’ e ‘macro’

Embora os argumentos apresentados acima em favor dessa distinção, pareçam muito convincentes à primeira vista, eles podem contudo ser bastante equivocados. Mouzelis mostra com grande clareza que agentes individuais locais também podem ser ‘macro’. Consideremos os seguintes casos hipotéticos de interação social (utilizando o

exemplo do carro elétrico francês, discutido no Capítulo II), todos eles envolvendo reduzidos grupos de indivíduos (Mouzelis, 1992, p32-33):

- a) o encontro diário entre empregados do departamento da companhia estatal francesa, EDF, responsável pelo carro elétrico;
- b) a reunião semanal entre engenheiros e gerentes do mesmo departamento da EDF;
- c) um simpósio sobre o projeto do carro elétrico francês reunindo gerentes, cientistas, engenheiros e diretores da EDF, CGE, Renault, universidades e outras instituições;
- d) um encontro face-a-face entre representantes oficiais do Governo francês, da EDF, CGE e Renault para decidir os rumos do projeto do carro elétrico.

Os quatro casos descrevem situações de interação em que um número não muito grande de pessoas estão envolvidas, porém cada uma dessas situações implica processos diferentes quanto a suas consequências espaciais e temporais. Enquanto os casos a) e b) descrevem processos de interação ‘micro’ com efeitos limitados, os casos c) e d) implicam decisões e impactos cujas consequências se estendem mais amplamente no espaço e no tempo. São em geral nestas últimas situações em que realmente se decide o futuro do projeto.

Um outro exemplo evidencia, de maneira ainda mais clara, o equívoco da distinção tradicional entre os níveis micro e macro: “o encontro face-a-face entre Churchill, Roosevelt e Stalin em Yalta em 1945 conduziu a decisões cruciais que, entre outras coisas, moldou o mapa da Europa do pós-guerra e afetou radicalmente a vida de milhões de pessoas. Em que sentido este encontro face-a-face seria um micro-evento?” (op.cit., p82). Portanto, o que imprime a um evento seu caráter micro ou macro não é simplesmente o número de indivíduos em interação. “O que é, no mínimo, igualmente crucial, é o tipo de atores envolvidos, e as consequências propiciadas por situações específicas de interação. Segue-se daí que, “interações face-a-face com atores que possuem acesso privilegiado aos meios de produção econômica, política ou cultural podem ter impactos, premeditados ou não, que afetam um grande número de pessoas, isto é, consequências que se estendem amplamente no espaço e no tempo.” (op.cit., p83).

Portanto, atores locais como cientistas e engenheiros, por exemplo, atuando em empresas, centros de pesquisas e universidades, podem participar de eventos ‘macro’, em situações particulares, tornando-se assim agentes ‘macro’. Um bom exemplo é o de Thomas Edison e de suas atividades ao construir um sistema alternativo de iluminação elétrica. Creio que aqui está uma das grandes contribuições da perspectiva ‘internalista’, surgida da ‘Sociologia do Conhecimento Científico’. Ela salienta o papel crucial dos agentes macro tanto do campo científico quanto da própria área tecnológica, embora lhe falte uma definição mais clara sobre o caráter macro desse papel. Outro exemplo ilustrativo e bem atual é o do cientista-empresário Bill Gates da empresa americana ‘Microsoft’. Evidentemente, tais agentes não agem sozinhos, eles estão inseridos em organizações particulares e atuam de acordo com suas regras e jogos, e também no campo maior onde essas organizações atuam. Indubitavelmente, contudo, qualquer declaração pública ou decisão de tais atores podem ter profunda influência sobre a vida de considerável número de pessoas, no mundo inteiro e por muito tempo.

De modo análogo, certas estruturas sociais podem moldar inúmeros eventos ‘micro’ e podem ser vistas, por isso mesmo, como estruturas ‘micro’. Assim, em diversas situações, essas estruturas podem regular interações em que participam, por vezes, multidões de agentes ‘micro’. Consideremos, por exemplo, os empregados de limpeza de uma grande empresa. Caso a empresa já não tenha terceirizado esse serviço, tais empregados possivelmente seguem determinadas normas que estabelecem como eles devem proceder no serviço de limpeza, o que podem fazer e o que devem evitar tocar, etc. Essas normas e procedimentos podem ser vistos como estruturas sociais que orientam a ação de vários agentes micro, e que, se modificadas, alteram muito pouco o destino da empresa. Neste sentido, essas estruturas moldam eventos ‘micro’ que têm, como esperado pela definição de Mouzelis, consequências pouco significativas no comportamento da empresa ou em sua situação futura, como seu possível crescimento ou sua eventual falência. Nesse caso, portanto, essas normas fazem parte de estruturas ‘micro’.

Uma distinção adequada entre os eventos micro e macro necessita, portanto, considerar o tipo de atores envolvidos e os efeitos de suas decisões e ações no tempo e

no espaço, ou seja, deve focalizar de modo sistemático a hierarquia das estruturas sociais. Esta estabelece o acesso de determinados ‘agentes relevantes’ – atores ‘macro’ que estão no topo da hierarquia social – aos meios que possibilitam influir mais efetivamente nas decisões sobre as inovações tecnológicas e o futuro da sociedade em geral.

Covém ressaltar que a maioria das abordagens identifica e utiliza a idéia de ator ‘macro’, mas como o faz de maneira implícita ou intuitiva, não esclarece sua definição em termos analíticos. O enfoque do ‘construtivismo social’, por exemplo, emprega o termo ‘grupos sociais relevantes’ para apontar os atores envolvidos na concepção de um dado artefato.

Agora é possível ver mais nitidamente as consequências negativas da definição convencional entre os níveis micro e macro para a análise dos processos de inovação tecnológica:

- 1) ela não permite distinguir claramente entre: a) os agentes que estão ‘em cima’ na hierarquia das diferentes atividades sociais e das organizações sociais, e que, por isso mesmo, contribuem mais efetivamente na evolução destas esferas e organizações sociais; e b) os agentes que estão ‘embaixo’, das diversas hierarquias, que contribuem marginalmente nos processos de produção social e de moldagem de tecnologias;
- 2) ela torna muito difícil para o analista, senão impossível, relacionar com coerência as regras da estrutura social (e sua lógica de funcionamento) com os interesses, estratégias e alianças dos agentes sociais, e suas lutas para subir na hierarquia social e, assim, contribuir mais efetivamente nas redefinições das próprias regras sociais.

Exemplo elucidativo dessas consequências são os enfoques baseados nas teorias ator-rede. Algumas dessas abordagens consideram os atores como elementos que constroem e compõem uma rede sócio-técnica, e que agem buscando juntar mais elementos à rede e mantê-los unidos de forma cada vez mais firme (ver Capítulo II). Os atores, de acordo com estas abordagens, são com frequência vistos como elementos

pontuais que contribuem igualmente para a formação da rede, tal qual como qualquer outro elemento dela, seja ‘ator’ ou ‘intermediário’, para usar o vocabulário de Callon (1992). Deste modo, a análise não distingue atores ‘micro’ dos ‘macro’, tendendo a tornar-se pouco sensível, em termos analíticos, às contribuições variáveis dos atores sociais. Ou seja, não se explica por que certos agentes contribuem mais efetivamente para a formação da rede enquanto outros, ou pouco contribuem, ou o fazem de maneira marginal e passiva. Em consequência disso, tornam-se misteriosos o poder e a força que certos atores apresentam em situações específicas.

As abordagens que ressaltam o papel das estruturas sociais mais amplas, por sua vez, consideram que elas restringem e direcionam o universo de ações dos agentes sociais envolvidos com mudanças tecnológicas, fornecendo muitas vezes a força motriz de tais mudanças. Em termos analíticos, porém, estas abordagens são incapazes de entender o papel ‘macro’ de agentes locais, especialmente o de cientistas e engenheiros que, com seu trabalho científico pioneiro, podem abrir novas possibilidades para os agentes ‘macro’ das esferas econômica e política, por exemplo. Por esta visão, retornando ao exemplo já citado, é correto afirmar que Thomas Edison era um agente ‘macro’ pois ele negociava com agentes ‘macro’ da indústria e do governo.

III.3.c - Revedo o significado da distinção entre ‘externo’ e ‘interno’

A versão modificada da distinção entre os níveis ‘micro’ e ‘macro’ nos permite reexaminar outra distinção analítica, esta entre o que é considerado ‘interno’ e ‘externo’ na análise de um dado processo de inovação tecnológica. O que se deseja mostrar nesta seção é que os conceitos de ‘interno’ e ‘externo’ estão sempre relacionados com o tipo de ator e, por isso, continuam sendo crucialmente importantes na análise da geração tecnológica. Em particular, eles ressaltam os pesos relativos das influências dos diferentes atores nos processos sociais.

Podemos sustentar, como ponto de partida, que muitas regras que orientam o processo de inovação e, principalmente, seus resultados – na forma de características técnicas dos artefatos e conhecimento técnico – são muito mais ‘internos’ aos atores da

inovação (cientistas, engenheiros e gerentes mais diretamente ligados ao processo) do que aos atores “de fora”, sejam eles macro ou não, que não lidam tão diretamente com o processo de inovação. Os resultados são em geral mais ‘externos’ a estes últimos do que aos primeiros. Neste sentido, ‘externo’ a determinado agente significa todos os elementos, desde regras sociais a características técnicas, que não se apresentam como diretamente manipuláveis por tal agente.

Embora a observação acima seja clara ela é por vezes contestada por algumas abordagens da perspectiva internalista que tendem a diminuir a relevância da distinção entre ‘interno’ e ‘externo’. Alguns enfoques mais radicais vão além, afirmando que a distinção entre o ‘contexto’ social e técnico e as ‘características’ técnicas resultantes não contribui para a análise do processo de inovação, pois ambos os fatores deveriam ser vistos como indivisivelmente unidos (Callon, 1986), como foi analisado no Capítulo II. Em vista disso, pretendo examinar melhor aqui essa distinção para não deixar dúvidas quanto a sua necessidade como instrumento de análise.

III.3.c.1 - Dois níveis para analisar a relação entre ‘estrutura’ e ‘ação’

A discussão sobre os níveis de análise paragramático e sintagmático, será baseada diretamente na crítica tecida por Mouzelis à ‘teoria da estruturação’ de Giddens (Giddens, 1979, 1984; Mouzelis, 1991). Trata-se de uma questão bastante extensa, mas a discussão aqui estará centrada apenas no modo pelo qual os agentes se orientam frente às regras sociais e em que medida eles efetivamente contribuem para reproduzir/ alterar tais regras.

De acordo com Mouzelis (apud Giddens, op.cit.), “uma estrutura consiste de regras que existem fora do tempo e do espaço, é conceitualizada como um ‘sistema virtual’, recursivamente concretizado a cada instante (instantiated). à medida que os atores utilizam essas regras em sua existência social diária” (Mouzelis, 1991, p26). Um sistema social, por sua vez, é constituído por um conjunto dinâmico de interações, relacionado com práticas sociais concretas de sujeitos humanos, à medida que elas vão

ocorrendo no espaço e no tempo. Deste modo, o sistema social representa a encarnação temporal e espacial das regras da estrutura social.

A estrutura pode ser analisada, portanto, em dois níveis diferentes: num, a atenção recai sobre a forma de ‘orientação dos atores’ em relação às regras – temos aqui o nível paradigmático; no outro, focaliza-se a ‘contribuição efetiva’ dos agentes para a formação ou manutenção das regras – aqui o nível é o sintagmático. A grosso modo, pode-se afirmar que o nível paradigmático tem a ver com a análise ‘estática’ das regras sociais, como se elas existissem independente do seu uso real no espaço e no tempo; e o nível sintagmático, por sua vez, com análise ‘dinâmica’ dessas mesmas regras, como elas são de fato empregadas em situações concretas.

III.3.c.2 - O nível paradigmático

Mouzelis analisa, por exemplo, como as pessoas que utilizam as regras gramaticais de uma língua qualquer se orientam em relação a elas. A maioria dos indivíduos usa as regras gramaticais corriqueiramente, sem pensar nelas, de maneira mais ou menos automática. Neste sentido, como Giddens ressalta, a estrutura gramatical “é tanto o *meio* como o *resultado* da conduta [a fala] que ela [estrutura] recursivamente organiza – um meio, porque é através do seu uso que a conduta social é produzida, e um resultado, porque é através da produção desta conduta que as regras [gramaticais] (...) são reproduzidas no espaço e no tempo” (op.cit., p26).

Da mesma forma, os atores da sociedade podem se orientar rotineiramente em relação a sua estrutura social, utilizando suas regras e reproduzindo-as de maneira mais ou menos automática. Neste caso, o agente como sujeito e a estrutura como objeto estão de tal modo unidos, que o dualismo entre agente e estrutura desaparece. As regras da estrutura social que organizam o comportamento humano não são ‘externas’ a ele. É o que Giddens denomina de ‘dualidade da estrutura’, isto é, as regras da estrutura e as ações humanas formam uma unidade. Ele argumenta que “na sociologia convencional as estruturas são como as paredes de uma sala: elas estabelecem os limites da ação, mas nada dizem sobre o modo como os atores, dentro dos limites estabelecidos, vão se

comportar.” (op.cit., p27). Assim, no caso em que os agentes se orientam rotineiramente em relação à estrutura social, suas regras na realidade não apenas restringem a conduta social, mas também possibilitam-na. Ou seja, “elas não somente estabelecem limites, mas, ao mesmo tempo, elas fornecem os meios fundamentais para a interação e a construção social em geral” (op.cit., p27).

Mouzelis demonstra, porém, que os agentes não se limitam a esta forma rotineira de se orientarem em relação às regras e que, portanto, o esquema teórico de Giddens, centrado apenas na dualidade da estrutura, torna-se limitado. Em certas situações, “atores podem se distanciar das regras para questioná-las, ou para construir teorias sobre elas, ou para criar estratégias com vistas a sua manutenção ou transformação” (op.cit., p28). Neste caso, o agente como sujeito e a estrutura como objeto estão claramente separados, ou seja, há um dualismo sujeito/ objeto no nível paradigmático.

Voltando à gramática, “quando utilizo de modo mais ou menos inconsciente as regras gramaticais em conversações diárias, minha orientação em relação às estruturas linguísticas é predominantemente prática. Quando assisto a um seminário sobre a gramática inglesa, minha orientação é predominantemente teórica. Finalmente, quando me associo ao movimento ‘Salve a Língua Inglesa’, minha orientação em relação à linguagem poderia ser vista como estratégica.” (op.cit., p45). Resumindo, os agentes se orientam em relação à estrutura de três formas diferentes, cada uma podendo predominar sobre as outras nas várias situações – a rotineira ou prática, a teórica ou reflexiva, e a estratégica.

Em suma, para se analisar a evolução de uma dada língua, ou de qualquer área específica das atividades humanas, no nível paradigmático, temos de considerar tanto a orientação rotineira dos agentes em relação às regras sociais, no exame das quais o esquema da dualidade sujeito/ objeto se mostra adequado, quanto as orientações teórica e estratégica, nas quais o dualismo sujeito/ objeto predomina – o sujeito se distancia das regras para visualizá-las como objetos sociais que requerem, muitas vezes, intervenção estratégica.

III.3.c.3 - O nível sintagmático

No nível sintagmático, por outro lado, a estrutura é vista de forma dinâmica, de acordo com a contribuição maior ou menor dos agentes para sua reprodução ou transformação, isto é, como as regras vão sendo reproduzidas ou alteradas à medida que as interações entre atores concretos se desdobram sintagmaticamente no espaço e no tempo, em determinado sistema social. A atenção da análise, neste caso, recai sobre o grau de contribuição dos atores à constituição das regras, que podem emergir, ou não, como resultado dessa contribuição.

Por exemplo, a contribuição das pessoas comuns à reprodução e transformação das regras ortográficas da língua não é, em geral, tão significativa quanto a de filólogos e gramáticos de universidades e academias de letras de um país, ou que trabalhem no seu Ministério da Educação. Regras da ortografia, ‘externas’ às pessoas comuns (já existiam antes delas terem nascido), são menos ‘externas’ para os agentes-macro supracitados, já que eles podem, em certas situações, alterar estas regras. O tipo de ator e sua posição na hierarquia social é fundamental para analisarmos as diferentes contribuições dos atores. Um tipo particular, que nos interessa aqui, é o ator da inovação científica e tecnológica.

Vemos, então, que também no nível sintagmático podemos falar de dualismo sujeito/ objeto, no qual as regras ortográficas da língua, por exemplo, são mais ‘externas’ à contribuição dos indivíduos comuns; e de dualidade sujeito/ objeto, no qual essas regras são mais ‘internas’ aos agentes-macro do campo da gramática, pois sua contribuição nesse campo tende a ser mais efetiva. É nesse nível que o conceito de ‘externalidade’ torna-se claro, como será visto abaixo.

III.3.c.4 - O papel variável dos agentes da inovação

Examinarei, especificamente, a área científica e técnica empregando os dois níveis de análise, de acordo com o que foi discutido acima, em situação tanto de

dualidade como de dualismo dos atores em relação às regras sociais e às características técnicas dos artefatos.

Suponhamos, por exemplo, valendo-nos novamente do caso do carro elétrico francês (Callon, 1986), que eu seja um técnico em eletroquímica na empresa CGE. Sou responsável pela medição da decomposição do catalisador químico usado na bateria elétrica, desenvolvida especificamente para o carro elétrico francês. Minha conduta no trabalho diário reproduz rotineiramente as regras que devo seguir na organização dos procedimentos de teste, verificação, avaliação de dados, apresentação de relatórios de acompanhamento, bem como as normas da minha interação com outros empregados e com engenheiros e gerentes superiores. Muitas destas regras são o resultado do meu treinamento técnico e social nesta área. Outras estão estabelecidas pela minha posição como técnico no departamento do carro elétrico da empresa CGE. Assim, espera-se de mim que eu produza relatórios de tanto em tanto tempo, entregue-os ao engenheiro X, obedeça às ordens do gerente Y, etc.

Minha tarefa diária de medir a degradação do catalisador não é moldada, porém, apenas pelas regras inscritas no cargo que ocupo na empresa, ou por mim internalizadas pelo meu treinamento técnico e social prévio. Podem surgir situações particulares, não rotineiras, advindas da incerteza inerente ao desenvolvimento de artefatos tecnológicos, ou originadas em possíveis conflitos sociais existentes dentro da organização que integro. Suponhamos que o método de medição apresente problemas. Isto faz com que as regras e procedimentos que utilizo rotineiramente passem a ser objeto de análise (porque não funciona como esperado?), e, por consequência, eles podem se tornar objeto de intervenção estratégica (alterar certos procedimentos para melhorar a medição).

Na primeira situação, a rotineira, as regras e procedimentos que reproduzo no meu trabalho diário de medição são 'internos' a minha ação como técnico em eletroquímica; são o meio e o resultado de minha conduta, daí que, eu como sujeito e os procedimentos como objeto formemos uma unidade, denominada por Mouzelis de 'dualidade sujeito/ objeto no nível paradigmático', ou simplesmente, dualidade paradigmática.

Na segunda situação, menos rotineira, as regras que organizam a medição da degradação do catalisador passam a ser objeto de análise teórica, uma vez que determinados procedimentos são identificados como responsáveis pelo mau funcionamento da medição e demandam, por isso, algum tipo de alteração. Assim, tais procedimentos, reproduzidos ou transformados por meio de reflexão teórica e estratégica, são agora ‘externos’ à minha ação como técnico; neste caso, eu como sujeito e as regras como objeto estamos claramente separados. É a situação que Mouzelis chama de ‘dualismo sujeito/ objeto no nível paradigmático’, ou, resumidamente, dualismo paradigmático.

Voltemos agora a atenção para a minha contribuição efetiva às regras que orientam minha prática técnica e social dentro da empresa. Algumas dessas regras são resultado direto da minha conduta diária, no sentido de que: a) elas emergem através da minha interação direta com os instrumentos técnicos e demais artefatos e, também, com os gerentes, engenheiros e demais empregados do meu departamento; b) contribuo continuamente para a constituição e reprodução desses procedimentos ao usá-los, consciente ou inconscientemente; c) e finalmente, está dentro das minhas possibilidades de ação alterar algumas dessas regras, conduta esta que pode melhorar, por exemplo, o método de medição da decomposição do catalisador, ou as minhas relações dentro da empresa. Neste caso, minha contribuição para a reprodução e alteração de tais regras é mais direta e considerável. A relação entre sujeito e objeto é ‘interna’, no sentido de que os procedimentos não poderiam existir independentes da minha ação como técnico (trabalho de medição e seu aprimoramento). É o que Mouzelis denomina de ‘dualidade sujeito/ objeto no nível sintagmático’, ou, apenas, dualidade sintagmática.

Diversas outras regras, entretanto, que não estão muitas vezes diretamente relacionadas com o meu trabalho de técnico, podem impor restrições ou exigências importantes à ele. Por exemplo, o limite máximo aceitável de decomposição do catalisador, os tipos de produtos químicos permitidos para diminuir sua degradação, o tamanho e a forma das células da bateria, etc. Estes limites e regras são em geral determinados pelos cientistas, engenheiros e gerentes que trabalham na construção da

bateria com vistas a viabilizar o projeto do carro elétrico, e que, mais importante, estão num nível hierárquico superior ao meu – o dum simples técnico. Em outras palavras, se relaciono minha conduta às regras estruturais de sistemas sociais mais amplos (do meu departamento, da minha empresa, ou do consórcio de empresas reunido com o Governo para desenvolver o carro elétrico), então a dualidade sintagmática dá lugar ao dualismo sintagmático. Neste sentido, as características técnicas gerais da bateria e do catalisador são claramente mais ‘externas’ a mim e a minha atividade de simples técnico. Na mesma situação, se encontram as regras organizacionais das empresas que participam do projeto. Minha contribuição para a reprodução/ alteração de tais regras e características não é, neste caso, tão significativa quanto o é para a reprodução/ alteração de determinados procedimentos de medição da degradação do catalisador.

Entretanto, as regras que para mim são ‘externas’ e ‘imutáveis’, podem não sê-lo para atores que ocupam posições hierárquicas superiores à minha. Por exemplo, o cientista-chefe da empresa CGE, ou a equipe conjunta formada por cientistas e engenheiros de todas as empresas do projeto, contribuem mais efetivamente para a definição das características técnicas da bateria e, por isso, estas não se apresentam tão ‘externas’ para eles quanto para mim, que sou um simples técnico. O que para mim é externo e fora de minha capacidade de transformação (que pertence ao dualismo sintagmático) pode ser muito menos externo e mais facilmente manipulável para os atores-macro, cuja posição hierárquica lhes permite tomar decisões que contribuem mais efetivamente para a reprodução ou transformação de determinadas regras da estrutura técnica e social (dualidade sintagmática).

Portanto, chegando finalmente ao ponto desejado, a distinção ‘interno/ externo’ simplesmente reafirma o fato óbvio de que as contribuições dos atores para a reprodução/ transformação dos sistemas sociais são variáveis. Nas palavras de Mouzelis, “um sistema social é mais externo em relação a um determinado ator quando a participação deste não afeta dramaticamente as características estruturais daquele; e menos externo quando a participação do agente apresenta de fato um considerável impacto sobre o sistema social” (op.cit., p39). Essa distinção mostra com clareza que a noção de externalidade é de suma relevância.

De maneira análoga, a distinção entre o ‘contexto’ e o ‘conteúdo’ das tecnologias também é importante para a análise do processo de sua moldagem. O contexto da tecnologia apresenta-se como constituído pelas variáveis ‘externas’ aos agentes no sentido discutido acima, e o conteúdo, por sua vez, como as características técnicas – com regras sociais nelas incorporadas –, mais diretamente manipuláveis, e, por isso, mais ‘internas’ a determinados agentes da inovação.

III.3.d - Conceituando explicitamente a ‘hierarquia social’

Um dos pontos cruciais do argumento apresentado no capítulo é que em sociedades complexas e diferenciadas se torna impossível entender como situações micro estão ligadas às estruturas macro, bem como aos atores macro, sem se recorrer ao conceito de hierarquia social. “Isso pode parecer bastante óbvio para os leigos, mas definitivamente não é assim para a maioria dos teóricos sociais envolvidos em longos e ensurdecedores debates sobre individualismo versus holismo metodológico, ou em tentativas de estabelecer ligações entre a micro e a macro sociologia. [...] pouco importando se eles ressaltam o impacto que as estruturas macro ou a ‘Sociedade’ têm sobre os indivíduos ou vice-versa (isto é, focalizando os atores individuais ou situações de interação e suas relações com os fenômenos macro), as hierarquias são ou completamente ignoradas, ou, quando muito, consideradas de forma periférica nas análises.” (Mouzelis, 1991, p67).

A hipótese central, assumida na distinção de Mouzelis entre os níveis de análise micro e macro, é que os atores sociais, devido a seu acesso diferenciado aos meios de produção social, influem de modo igualmente diferenciado na construção/ reprodução da realidade. Em termos simples, agentes ‘macro’ influem mais efetivamente do que agentes ‘micro’ nas decisões cruciais sobre a moldagem das tecnologias e sobre os rumos da sociedade de um modo geral. Daí a importância de visualizar claramente, entre as regras sociais, aquelas que definem quem são os agentes ‘macro’, o que podem realizar, e de que maneira agentes ‘micro’ podem se tornar ‘macro’. Tais regras estão em geral definidas ou inscritas na *hierarquia* das estruturas sociais. Quem está no topo

da hierarquia, de organizações e instituições sociais, tem em geral maior poder de ação e, assim, suas decisões podem ter consequências mais amplas para um maior número de pessoas e por um tempo mais longo.

É importante observar que o modo como é utilizada a metáfora de rede em certos enfoques ‘internalistas’ termina com frequência por negar a importância da hierarquia social. A abordagem de rede muitas vezes tende a considerar o papel dos atores sociais num mesmo nível, num plano “achatado” em termos analíticos, no qual todos eles estariam igualmente capacitados a contribuir para a moldagem das tecnologias. Isso, claro está, não corresponde à realidade. Certos atores, como já foi assinalado, bem como determinadas atividades sociais, conforme o caso em questão, têm peso maior na criação e evolução de dada tecnologia. Nesse sentido, a minimização da importância das distinções analíticas entre os vários tipos de atores e estruturas se torna inútil, uma vez que os elementos das distinções terminam por reaparecer em seguida, embora vestidos com outras denominações: o ‘conteúdo’ como ‘rede local’ ou ‘centros de tradução’; e o ‘contexto’ como ‘rede global’ ou ‘redes em ação’ (performing networks) (Callon & Law, 1989, 1992).

Em suma, a análise da hierarquia da estrutura social é imprescindível para que se possa identificar e examinar a influência variável dos agentes e estruturas sociais no processo de sua configuração recíproca. Além disso, é através da hierarquia social que se poderá estabelecer ‘pontes’ entre as inúmeras situações micro com as macro. Daí a importância das análises de ciência e tecnologia tornarem explícitas, de forma analítica, as hierarquias sociais existentes na sociedade, em suas organizações e, em particular, nos processos de geração tecnológica.

III.4 - Descendo do abstrato para o concreto

Tentando avançar na superação do caráter abstrato da concepção – essencialmente correta – da configuração recíproca entre estrutura e agente, apresento

agora uma forma analítica de divisão das regras sociais² que busca a) visualizar de forma nítida as hierarquias sociais; b) ligar as situações micro com as macro; c) combinar as perspectiva ‘internalista’ com a ‘externalista’; e d) avaliar, a cada momento, a relativa autonomia de diferentes atividades humanas. Deixo claro desde já que, pelo fato de permitir um meio de realizar isso, essa distinção analítica não representa de modo algum um modelo exaustivo que soluciona todos os problemas teóricos dessa área de estudos. Mas creio, de qualquer forma, que tal distinção constitui um caminho promissor que merece ser explorado mais amplamente.

Discutirei primeiro as regras que orientam as atividades humanas de produção e, em particular, uma forma específica de distinguí-las e visualizá-las – ou seja, uma divisão das regras da ‘produção social’ –, que permitirá relacionar essas regras com a hierarquia social dos agentes, e, a seguir, examinarei a generalização dessa divisão nas diferentes atividades sociais. Por último, focalizarei o papel-chave das contradições que se desenvolvem entre as diferentes regras da ‘produção social’.

III.4.a - As atividades humanas e suas regras sociais

Assumo aqui que a estrutura social orienta uma multiplicidade de atividades humanas: processos sociais relacionados com a produção econômica e seu sistema de comércio – esfera econômica –; com o controle político e administrativo da sociedade e suas organizações – esfera política –; e com diversas outras atividades, entre elas, as que envolvem a produção cultural, científica e tecnológica. Em todas as atividades sociais existem normas e procedimentos que orientam como a produção pode ou deve ser realizada. Tais regras podem ser chamadas de ‘conhecimento’ social e técnico, de ‘know-how’, ou de ‘técnicas de produção’. Outras regras se relacionam com a forma

² Entendo por ‘divisão analítica’ uma ferramenta de análise que não implica necessariamente em divisão real da realidade. Por exemplo, o ‘social’ e o ‘técnico’ formam ou ocorrem em sociedade sempre como uma unidade; todo objeto técnico também é social e todo objeto social também é técnico, ou seja, a sociedade é constituída por objetos “sociotécnicos”. No entanto, para captarmos as inúmeras facetas da realidade (o ‘social’ e o ‘técnico’, por exemplo) precisamos ‘analisar’ a realidade em partes, processo em que o pesquisador ‘congela’ algumas partes para melhor focalizar outras, que o interessam em dado momento. Para mais detalhes neste tipo de conceituação, ver Mouzelis em “Pós-Estruturalismo: o Sumiço das Fronteiras” (Mouzelis, 1995, Cap3, p41-65).

pelas quais este conhecimento ou as técnicas de produção são apropriadas pelos agentes: privada, associativa, comunal, livre, etc. E, por último, existem convenções e normas que legitimam ou justificam (e com frequência distorcem) a forma de apropriação e as próprias técnicas de produção. Por exemplo, a ideologia liberal da propriedade privada sobre os meios de produção, da livre iniciativa, etc.

Esta forma de distinguir regras sociais é mais conhecida como uma das ferramentas conceituais da análise marxista, empregada especificamente para analisar a estrutura econômica de uma dada sociedade. Este tipo de análise, no entanto, tende ou termina por condicionar as demais atividades sociais ao processo econômico de produção. Mouzelis se detém longamente na questão do ‘economicismo’ do marxismo em seu livro “Alternativas Pós-Marxistas” (Mouzelis, 1991).

Não é objetivo desta tese, obviamente, discutir em detalhes uma questão tão extensa, mas sim aproveitar as idéias sociológicas que ajudam a elucidar o processo de produção social da realidade. Portanto, deter-me-ei aqui somente naqueles pontos que se relacionam de maneira mais direta com o exame das regras da produção. Mouzelis demonstra que o economicismo do marxismo está ligado a sua estrutura de análise, mas que não é inevitável. Isto pode ser contornado se for modificada, como veremos adiante, a célebre idéia marxista da *base* econômica que determina a *superestrutura* ideológica (Marx, 1857, p135-136). Ou seja, a estrutura econômica de base da sociedade determina a superestrutura de relações sociais que se conformam sobre essa base. Assim, os processos sociais da política, cultura, ciência, religião, etc, são todos considerados como formas de ideologias, determinadas, em última instância, pela dinâmica da base econômica. Por exemplo, o sistema de produção econômica escravista implicava determinada ideologia social, relações políticas, idéias culturais e científicas, etc. Mouzelis mostra que este reducionismo implica, de modo inevitável, a desconsideração da relativa autonomia que a superestrutura da sociedade detém em relação a sua base econômica e, portanto, torna a análise marxista incapaz de examinar adequadamente uma série de processos sociais que não podem ser derivados *diretamente* da dinâmica da estrutura econômica. Entre eles estão, por exemplo, os movimentos sociais em favor dos direitos humanos, da democracia, da ecologia, os caminhos seguidos pela pesquisa

básica, pela cultura, pela arte, e o próprio desenvolvimento tecnológico. É interessante observar que a prioridade que o marxismo empresta à esfera das atividades econômicas, derivando a partir dela, de um modo ou de outro, o desenvolvimento das outras esferas, pode ser comparada à importância que a perspectiva ‘internalista’ confere à esfera científica/ tecnológica, tentando também por vezes derivar os demais tipos de dinâmicas sociais a partir do primeiro.

Mesmo quando autores marxistas procuram levar em consideração a autonomia da política e da cultura, o marxismo *tout court* não oferece ferramentas analíticas para conceber esta relativa autonomia das outras esferas sociais (Mouzelis, 1990, cap2). O caminho explorado por Mouzelis, para tentar superar a dicotomia base/ superestrutura e considerar a autonomia relativa dos diferentes tipos de atividades humanas, foi o de procurar transpor, de forma criativa e original, conceitos analíticos do marxismo, empregados apenas na esfera econômica, para as outras esferas de atividades sociais. Mouzelis sugere utilizar a divisão analítica das regras sociais, isto é, os conceitos de ‘técnicas de produção’, ‘apropriação/ controle’ e ‘legitimação/ justificação’ para outros tipos de produção social da realidade, isto é, a ‘produção de dominação política’ e a ‘produção cultural’ (op.cit., cap3). Na esfera política, em particular, ele demonstra como, em determinadas situações históricas – as da Grécia no início deste século, por exemplo – processos políticos nacionais se sobrepuseram aos econômicos, subjugando interesses econômicos maiores aos objetivos de agentes políticos poderosos e, com isso, influenciando decisivamente a própria evolução do sistema capitalista da Grécia (op.cit., parte II).

III.4.b - Repensando a divisão marxista das regras da ‘produção econômica’

A divisão analítica das regras da produção econômica, ao ser transportadas para outras áreas, permite ao analista visualizar as diferentes atividades humanas dessas outras áreas como relativamente autônomas. Como demonstrar isso? O argumento é que em todos os tipos de atividades sociais sempre há a) técnicas específicas associadas a essas atividades; b) formas de apropriação dessas técnicas; e c) algum tipo de justificação/ legitimação da forma de apropriação e das próprias técnicas empregadas.

As atividades humanas podem ser, e são, as mais variadas possível. Entre elas acham-se, começando pelas mais óbvias, a produção econômica, a produção científica e/ou cultural, a produção tecnológica, a “produção” de dominação política e/ou administrativa (da sociedade e/ou suas organizações), a “produção religiosa”, etc. Nesta última, por exemplo, pode-se identificar as “técnicas de inculcação religiosa”, por meio das quais os pastores ou padres semeiam e cultivam a fé religiosa dos seus fiéis em determinada igreja (Mouzelis, 1995). A forma de apropriação não precisa ser necessariamente privada. Há inúmeras igrejas em que a hierarquia religiosa não confere posição diferenciada a parte de seus integrantes e, nesse sentido, não há privilégio ou dominação dos fiéis por parte da hierarquia religiosa, como acontece na igreja católica, por exemplo. As justificativas para as diferentes hierarquias religiosas das várias igrejas são inúmeras e, em geral, se relacionam com as idéias do “dom” de Deus, da justiça divina, da vocação ou missão religiosa, etc.

As esferas sociais são, portanto, áreas específicas de atividades humanas, que caracterizam a divisão de trabalho existente na sociedade atual. Muitas vezes há sobreposição das regras de uma delas sobre as das outras. De qualquer modo, esfera social significa uma área das atividades humanas em que ocorre uma especialização e que, por isso, tem regras e agentes que podem se tornar relativamente autônomos em relação às demais.

Por outro lado, as organizações sociais, como empresas, associações de moradores e centros de pesquisas, que atuam na sociedade e nas diferentes esferas sociais, podem ser vistas como “mini-sociedades”. E estas também podem, por sua vez, apresentar subdivisões de suas atividades – as ‘esferas organizacionais’ de atividades especializadas de determinada organização –, tais como a área financeira, de controle político/ administrativo, científica, cultural, esportiva, etc. É importante não confundir essas ‘sub-esferas’ de atividades com os departamentos da organização. Evidentemente, os gerentes do departamento financeiro da organização são, com certeza, agentes macro nas atividades financeiras da empresa. Mas outros departamentos também participam com peso decisivo nessas atividades. As subdivisões de atividades especializadas dentro

das organizações – esferas organizacionais – são comuns nas teorias das organizações e nos remetem ao esquema ‘AGIL’ de Parsons³ (Mouzelis, 1991, cap3).

Creio que essa divisão das regras da “produção social” permite ao analista examinar as regras e jogos específicos de determinada área e, em particular, os objetivos e estratégias por meio dos quais os agentes procuram subir na hierarquia específica da área. Esse jogo pode ser analisado em conjunto com o das demais esferas sociais, permitindo ao pesquisador o exame do nível de entrelaçamento ou sobreposição de umas sobre as outras e, assim, o grau de autonomia de dada esfera social. Retornando ao exemplo da esfera religiosa, determinadas igrejas adotam um sistema de administração inteiramente comercial, em que o objetivo de difusão da fé se encontra na realidade à reboque do objetivo de angariar lucros fáceis por meio da exploração da boa fé e da ignorância de pessoas humildes. Neste caso particular, a igreja torna-se apenas um bom negócio para empresários sem escrúpulos e reflete a lógica do sistema econômico vigente, que tende, com frequência, a transformar qualquer coisa em mercadoria, inclusive a fé.

É importante chamar a atenção para o fato de que os agentes são sempre examinados à luz da estrutura social em que estão inseridos. Com isso, a abordagem proposta coloca no centro da análise o que os atores ganham ou perdem em cada momento de determinada transformação social ou geração tecnológica. Consideremos então três esferas sociais que, comumente, participam do processo de inovação tecnológica. Trata-se das esferas econômica, política e científica/ tecnológica.

Na esfera econômica os objetivos principais dos agentes são o aumento do capital, o lucro, a diminuição dos custos de produção, a elevação da produtividade e competitividade, a conquista de mercados, etc. As regras da economia atual espelham a estrutura e os jogos do mercado capitalista. Entre elas, estão certamente a propriedade privada dos meios de produção e o mercado da mão de obra dos trabalhadores. Nota-se

³ Não é objetivo da tese, evidentemente, aprofundar temas sociológicos como o da divisão das normas institucionalizadas proposta por Parsons. Apenas para não deixar de mencionar, o esquema ‘AGIL’ aponta para os quatro requisistos funcionais para a sobrevivência de um sistema social: Adaptação, Realização de objetivos (Goal achievement), Integração e Latência; abreviado como AGIL.

que a abordagem alternativa não procura inovar radicalmente a análise econômica. O que se faz realmente é uma re-organização do modo de ver a análise econômica e de relacioná-la com a análise de outras esferas sociais, de tal forma que se tornem coerentes entre si e possam ser vistas com sua relativa autonomia frente às demais esferas sociais.

Na esfera política, por sua vez, o objetivo principal de seus agentes é o controle político do governo (executivo, legislativo e judiciário), a busca da ampliação e manutenção do controle político e administrativo sobre o aparelho do Estado, seus diversos ministérios, departamentos e órgãos, e o aumento do ‘capital político’ (Mouzelis, 1995). Tal ‘controle político/ administrativo’ significa na prática o controle sobre os fóruns de decisão que definem as regras de um dado setor de atividades sociais, como o que regula a produção de equipamentos telefônicos ou o acesso ao mercado de telefonia em certo país, por exemplo.

Entre as regras da estrutura política mais geral de um país, estão aquelas que determinam a forma de acesso ao poder político. Em muitos países, estas regras estão cristalizadas nas diversas formas de democracia representativa com distintos tipos de eleições gerais, algumas sob o regime presidencialista, outras sob o parlamentarismo. Seja qual for o caso, as regras do sistema político de um país espelham os jogos políticos da democracia representativa.

O setor político-administrativo de organizações, por outro lado, tais como empresas privadas, companhias públicas, partidos, etc, apresentam outros tipos de hierarquia. Nos órgãos públicos, em particular, funcionam as hierarquias burocratizadas, com a definição de funções e poderes a todos os seus integrantes. Em cada caso, a hierarquia pode espelhar tanto os jogos de poder internos à organização, como os externos a ela, em seu setor próprio de atuação, por exemplo. Neste campo, há extensa literatura sobre diversos aspectos da vida das organizações, relevantes para a abordagem proposta aqui, pois tais trabalhos ajudam a caracterizar a hierarquia dos agentes nas organizações, bem como nas várias atividades internas. Pode-se chamar essas atividades especializadas, internas à organização, como esferas organizacionais, de modo similar às esferas sociais da sociedade.

Quero aqui aplicar a divisão das regras da “produção social”, discutidos acima, na ‘esfera da ciência e tecnologia’, procurando posteriormente agregar as contribuições das outras abordagens da ‘Moldagem Social da Tecnologia’. Direi então que as regras sociais da produção científica e tecnológica também podem ser vistas em três dimensões:

1. técnicas de produção científica/ tecnológica;
2. formas de apropriação destas técnicas;
3. justificação/ legitimação das formas de apropriação e das próprias técnicas de produção científica/ tecnológica.

Na esfera da ciência, entre os objetivos principais mais facilmente identificáveis estão o aumento do saber sobre a natureza e a sociedade, o aumento de poder sobre os meios de produção científica tais como o acesso a laboratórios, número maior de doutorandos que trabalham para o pesquisador chefe, ou ainda, a escalada na hierarquia acadêmica, institucional ou pública. Os cientistas buscam por esses meios aumentar seu ‘capital científico’. As regras da esfera científica espelham a dinâmica científica/ tecnológica.

Mas qual seria a dinâmica particular da ciência? É nesse terreno que a Sociologia do Conhecimento Científico tem mais a contribuir. Não tenho respostas prontas. As idéias que discuto aqui são tentativas de conceber essa dinâmica particular da esfera científica, buscando relacioná-la, nesta tese, com o caso concreto da área de telefonia.

Pode-se dizer que as regras do campo científico tendem a ser variadas e a estar de acordo com a área específica. Mas em que elas se diferenciam daquelas das esferas econômica e política? Em primeiro lugar, as regras da ciência orientam e moldam especificamente as atividades de atores que lidam com o conhecimento de vários campos da ciência, como o da comutação e telefonia, por exemplo, com as teorias que o embasam. Em segundo lugar, as regras do campo científico definem como esse conhecimento – em particular aquele relacionado com os meios de produzir novos conhecimentos – é apropriado pelos seus agentes. Elas também definem a hierarquia

científica dos cientistas na área da ciência em questão. No entanto, essa hierarquia é muito mais dependente das contribuições e dos trabalhos desenvolvidos por seus agentes do que pela organização formal dos meios acadêmicos, pois os méritos são com frequência reconhecidos de forma pública. Ou seja, no campo científico tende a contar mais a tradição dos agentes e suas contribuições novas, a cada momento, em ‘workshops’, congressos, encontros, conferências, publicações científicas, etc. São estas contribuições, reconhecidas nos meios científicos e públicos, que fazem com que o cientista se posicione mais alto na hierarquia científica e tenha, assim, um ‘capital científico’ mais alto, o que também pode ser chamado de ‘a autoridade científica’ que um determinado cientista ou doutor ‘detém’ em certa área do conhecimento. Nas áreas ‘mais técnicas’ as contribuições adquirem, muitas vezes, a forma de realizações práticas, no sentido dessas contribuições se transformarem em aplicações e artefatos, como por exemplo as chaves eletrônicas digitais. Sua materialização bem sucedida em sistemas experimentais desenvolvidos no Reino Unido e na França nos anos 70 eram realizações práticas das teorias e possibilidades científicas estudadas em desenvolvimento desde os anos 50.

Quanto a forma de apropriação ela depende em larga medida do tipo de utilização. Se o conhecimento é visto como predominantemente básico, não diretamente aplicável, ele costuma ser apropriado publicamente e difundido nos meios de divulgação da ciência, em seus periódicos especializados e também nas publicações para leigos. Porém, se for mais diretamente aplicável, o conhecimento científico – na forma de técnicas aplicadas à produção de algum artefato – é em geral apropriado na forma de ‘patente’, com a qual seu proprietário garante o direito de posse, sendo que qualquer outro agente que deseje utilizá-la deverá negociar com o proprietário a autorização para seu uso.

Ao visualizar a esfera científica como dispendo de uma dinâmica relativamente autônoma, é necessário tentar responder à seguinte questão: o que ganham os atores específicos da esfera científica, no caso, os cientistas, engenheiros e gerentes dos projetos de pesquisa? Um emprego certamente, porém, antes de mais nada, eles ganham a oportunidade de produzir pesquisas e aprimorar seu conhecimento em dada área de

interesse e, assim, aumentar seu “capital” científico. Nessa atividade o desafio é parte integrante, talvez um dos seus traços vitais. Mas isso não esgota as possibilidades. Alguns deles podem, além disso, alcançar notoriedade com o sucesso de suas pesquisas e/ou seus projetos, chegando ao topo de hierarquias de universidade e empresas. O professor Hélio Guerra Vieira, por exemplo, diretor do centro de pesquisas ‘FDTE/USP’, que tinha chefiado o projeto exploratório da central telefônica brasileira, o ‘Siscom’, anos depois foi designado Reitor da própria USP (Machado, 1990, p179). O já citado Bill Gates, também exemplifica bem essa escalada hierárquica.

Essa distinção da sociedade em esferas de tipos diferentes de atividades sociais também é empregada por outros autores, mas costuma aparecer de forma diferente e sob outros rótulos. Por exemplo, Brito, citando Bell e Pavitt, distingue ‘competência tecnológica’ de ‘capacidade produtiva’ (Brito, 1996), ou seja, faz uma distinção entre a capacidade de produzir, relacionada com as técnicas de produção ou com os meios de produção econômica, e a capacidade de inovar, que aponta para as técnicas de produção científica e tecnológica. Nas palavras de Brito, “o conceito de ‘competência tecnológica’ [...] refere-se aos recursos necessários para gerar e gerenciar ‘mudanças técnicas’, que podem tanto estar incorporadas em novos produtos e novas plantas, resultantes de investimentos de maior envergadura, como resultar de melhorias e adaptações incrementais da ‘capacidade produtiva’ pré-existente.” (op.cit., p32). Portanto, são atividades distintas.

Uma forma similar de conceber a dimensão ‘apropriação’ das técnicas de produção são os três níveis de ‘detenção da tecnologia’, explicados por Marques (JCH, janeiro, 1997). “O primeiro é o *nível do uso*: o Brasil tem a tecnologia de telefonia celular porque a utiliza cada vez mais, apesar de tudo aí ser importado. O segundo é o *nível da produção*: o Brasil tem a tecnologia automobilística porque monta 1,5 milhões de carros por ano, apesar de todas as marcas serem estrangeiras e da contribuição da engenharia brasileira para a produção automobilística ser irrisória. O terceiro é o *nível da informação* ou *nível da propriedade intelectual*: o Brasil tem a tecnologia de aviões pequenos porque os concebe, projeta, monta, e coloca no mercado com uma marca sob seu controle. Mesmo que a Embraer decidisse transferir a montagem de seus aviões para

o Paraguai para tirar proveito da mão-de-obra supostamente mais barata, assumindo-se que a concepção e o projeto continuassem em São José dos Campos, continuaria sustentável a afirmação de que o Brasil tem a propriedade intelectual de uma tecnologia de aviões pequenos.” (op.cit.). Assim, os níveis de uso e de produção se relacionam com a propriedade das técnicas de produção já desenvolvidas, e o nível da ‘propriedade intelectual’ tem a ver com o controle sobre a capacitação intelectual de aprimorar ou produzir novas tecnologias. Nesse sentido, o produto da esfera científica/ tecnológica pode ser a criação ou transformação das ‘técnicas de produção econômica’, e a propriedade sobre estas duas capacidades nem sempre estão juntas. Em suma, deter a propriedade de uma não implica em ter a posse da outra.

Hoje em dia, com a globalização da economia (Coutinho et al., 1995), e com a dinâmica do capitalismo mundial avançando sobre todos os Estados nacionais, a influência de suas regras, jogos e agentes vem se intrometendo vigorosamente nas esferas política e científica, pressionando seus agentes a seguirem os interesses e objetivos daqueles. Porém, é importante ficar claro que, mesmo havendo esta interferência maior da economia sobre as outras esferas sociais, estas não se reduzem ao jogo econômico puro e simples do mercado, elas continuam detendo interesses, objetivos, regras e dinâmicas próprias, com agentes ‘macro’ que não coincidem com aqueles da esfera econômica, embora possa haver por vezes certa superposição de seus interesses. Por isso, é de suma importância se examinar a dinâmica específica das outras esferas sociais, a científica e tecnológica entre elas.

Resumindo, a divisão analítica das regras que orientam a produção social torna relativamente mais simples o problema de relacionar tais regras com a hierarquia de cada esfera social ou de cada organização social, pois os agentes ‘macro’, aqueles que se encontram em geral no topo da hierarquia, são os que, de algum modo, possuem acesso privilegiado às ‘técnicas de produção’ de pelo menos alguma das esferas de atividades humanas – seja da produção econômica, da “produção” de dominação política e/ou controle administrativo, da produção cultural, produção científico/ tecnológica, etc. Estes agentes, ao se apropriarem de certas ‘técnicas de produção social’, de um modo ou de outro, garantem acesso privilegiado aos meios de influir mais efetivamente na

evolução de pelo menos algum setor das atividades humanas. Justifica-se o acesso privilegiado pelo frequente recurso a distorções sobre a natureza do privilégio, de modo a legitimá-lo perante os agentes menos privilegiados e a sociedade de modo geral. Isto, é claro, não é realizado individualmente, mas dentro de uma estrutura social que sanciona legalmente a dominação eventualmente existente em dada esfera das atividades humanas.

III.4.c - A contribuição variável das esferas sociais na geração tecnológica

Hipótese básica, portanto, assumida pela abordagem alternativa, é que a hierarquia social é parte integrante das regras da estrutura social. Esta, porém, se apresenta subdividida em esferas institucionais distintas – o mercado, o sistema político, a área científica, a esfera religiosa, etc – cada qual com suas regras de jogo específicas e agentes principais. A hierarquia particular de cada esfera ou organização pode tomar diferentes formas de acordo com o tipo de atividade social desenvolvida. É claro que agentes ‘macro’ de uma esfera social podem também sê-lo em outras, e isto é bastante comum. No entanto o papel destes agentes, mesmo como agentes ‘macro’, tendem a ser muito diferentes nas distintas esferas sociais.

Por exemplo, governos e grandes empresas fabricantes de centrais telefônicas costumam ser atores macro no setor de telefonia pública, tanto na esfera econômica como na política. O papel macro do governo se deve ao fato dele possuir poderes para estabelecer as normas legais de exploração econômica do setor de telefonia pública. Nesse sentido, o papel do governo também é macro na esfera econômica. Por sua vez, o papel macro das empresas na esfera econômica também é bem evidente, já que elas fabricam equipamentos telefônicos específicos, de alta tecnologia e muito caros. Em função disso, elas detêm poder suficiente para realizar ‘lobbies’ e pressionar politicamente os governos no sentido de atenderem a seus interesses econômicos no setor. Assim, elas também costumam ser atores macro na esfera política. É importante perceber que, embora ambos os tipos de atores possam ser macro nas duas esferas sociais, eles desempenham papéis diferentes em cada uma.

Creio já ter ficado claro para o leitor que, em cada caso de desenvolvimento tecnológico a força relativa dos agentes envolvidos pode ser diferente nas várias esferas sociais. Pode se dizer, nesse sentido, que os agentes possuem diferentes “capitais” econômico, político e científico. Assim, a contribuição de cada uma das esferas, bem como de suas organizações principais, pode diferir da de outras, em cada caso histórico. É o que pretendo mostrar na 2ª Parte da tese, com o caso comparativo da tecnologia digital de centrais telefônicas públicas. Essa contribuição variável está diretamente relacionada com a autonomia relativa de cada esfera social, que pode se desenvolver historicamente com relativa independência em relação às demais.

Por meio desta distinção entre as esferas sociais – no nível analítico é importante frisar – a abordagem permite examinar o grau de entrelaçamento, interferência e superposição das regras e dinâmicas de esferas sociais diferentes envolvidas no desenvolvimento de dada tecnologia. Ela permite, por exemplo, responder a questão de qual esfera é a principal responsável pela iniciativa de desenvolver determinada tecnologia e apoiar seu desenvolvimento, ou em que medida, nesse processo, a lógica de uma esfera se sobrepõe sobre a de outra.

Outra hipótese assumida pela alternativa proposta é que os agentes procuram subir na hierarquia social, ou seja, buscam se posicionar na hierarquia de tal forma que possam influir mais efetivamente nos jogos de cada esfera social e/ou organização. Assim, ao galgarem posições nos jogos dos “de cima” na hierarquia – os jogos ‘macro’ – os atores passam a participar da definição das regras dos jogos dos “de baixo” – os jogos ‘micro’.

Em suma, a abordagem alternativa proposta aqui busca analisar a geração tecnológica focalizando as iniciativas e negociações de atores relevantes de pelo menos três esferas sociais: a científica/ tecnológica, a econômica e a política, podendo haver a participação de outros campos conforme a tecnologia. Tais atores, embora condicionados por suas áreas de atividade específica, se agrupam em torno de um interesse em comum, qual seja, o de criar e desenvolver determinado artefato ou sistema tecnológico.

Assim, também o campo da geração tecnológica pode adquirir dinâmica própria e relativa autonomia, especialmente no momento em que os atores associados criam organizações que defendem os interesses próprios do ‘novo campo’. Sua definição se assemelha bastante a idéia de ‘constituente sociotécnico’ de Molina – uma associação de elementos sociais e técnicos em torno de determinada solução científica/ técnica definidora de um artefato ou sistema tecnológico⁴, por exemplo, a chave ‘crossbar’ comum a todas as centrais telefônicas baseadas na chave ‘crossbar’.

O processo de formação de um campo tecnológico ou ‘constituente sociotécnico’ pode ser visualizado por meio da metáfora de rede, principalmente no início de sua criação, quando os atores de diferentes áreas ainda não estabeleceram as regras de convivência e de organização da criação do novo sistema. À medida que a rede vai crescendo, seus atores começam também a estabelecer um modelo ou organização – hierarquizada, é claro – para deliberar e conduzir a criação do novo artefato tecnológico, bem como negociar apoios, trocas de compromissos, contratações, etc, com agentes envolvidos em outras atividades sociais.

III.4.d - As contradições estruturais

A importância das contradições entre as regras de interação das diversas atividades sociais e técnicas desenvolvidas na sociedade está no fato de que elas propiciam, em situações específicas, o fenômeno do ‘estranhamento da realidade’ por parte dos agentes envolvidos em certas atividades, na medida que os resultados destas são conflitantes devido precisamente às contradições. Trata-se daqueles momentos em que os atores entram em choque ou “se estranham” por causa de duas ou mais orientações contraditórias induzidas por regras de campos diferentes. Nesses momentos, os agentes se “afastam” de tais regras, deixando de segui-las rotineiramente, e passam a olhá-las como objeto de análise, para entender melhor por que elas causam conflitos sociais e/ou mau funcionamento de um ‘sistema sociotécnico’. Em tais situações, as regras da situação ‘objetiva’ (social e/ou técnica) passam para o terreno ‘subjetivo’,

⁴ Para mais detalhes, ver Molina (1990, p5-10).

onde poderão ser reproduzidas/alteradas. Ou seja, a situação de dualidade sujeito/ objeto no nível paradigmático – quando o sujeito se orienta de forma rotineira em relação às regras –, dá lugar ao dualismo paradigmático⁵ – situação em que o sujeito se afasta das regras com o intuito de entendê-las melhor e, se possível, alterá-las.

Examinemos, por exemplo, o que ocorreu no Brasil quando o noticiário nacional de uma emissora brasileira de TV exibiu em horário nobre um vídeo mostrando detalhes da ação policial sobre moradores de Diadema, bairro da periferia de São Paulo. O choque geral causado por tais cenas se deve à súbita tomada de consciência dos espectadores sobre o problema da ação policial violenta, já cotidiana, cuja regras veladas, criadas na prática diária, estão em forte contradição com as regras institucionais e cívicas esperadas para a ação dos policiais. Como o noticiário da TV incorpora em grau apreciável a expectativa da mídia e da classe média sobre como a polícia deve se comportar, a exibição das cenas na TV deixou a nu uma contradição que, na realidade, já existia há muito tempo. O importante a ressaltar, nesse exemplo, é que a ‘súbita tomada de consciência’ corresponde ao súbito ‘estranhamento’, por grande parte das pessoas, da existência de regras contraditórias que orientam a ação da polícia, mas que são por elas – principalmente pelos segmentos mais pobres da população – encaradas como dadas na rotina do dia-a-dia.

Ocorre, no entanto, que apenas os agentes bem localizados na hierarquia das esferas e/ou organizações sociais têm em geral poder para alterar tais regras. É evidente que em situações conflitantes quase sempre existem agentes que têm interesse em manter o *status quo* vigente e utilizam artifícios para que, caso sejam obrigados a negociar a mudança de certas regras sociais, não sejam forçados a alterar sua posição privilegiada. Isso acontece tanto nas esferas econômica e política, onde tais artifícios são em geral mais visíveis, quanto em outras esferas de atividades humanas, como a científica, a tecnológica, a cultural, a de segurança pública, a religiosa, etc. Nesta última,

⁵ ‘**Dualidade**’ sujeito/ objeto no nível paradigmático é a situação em que as regras que orientam o agente formam com ele uma ‘**unidade**’; as regras como objeto são inseparáveis do agente como sujeito, daí a dualidade paradigmática. Já ‘**dualismo**’ sujeito/ objeto ocorre em situação oposta, o agente se “afasta” das regras para “enxergá-las” melhor, assim, a unidade sujeito/ objeto se desfaz, daí o dualismo paradigmático. Ver Seção 3.c deste capítulo.

podemos citar, a título de ilustração, o bem conhecido evento histórico do ‘Concílio do Vaticano II’, quando grupos eclesiais progressistas e conservadores redefiniram suas posições na hierarquia da igreja católica, de modo a evitar o ‘racha’ da instituição e a promover mudanças na orientação tradicional seguida pela alta direção da igreja católica, cujo apoio aos ricos – falando simplificarmente – estava em franca contradição com a orientação ‘libertadora’ voltada para os pobres, seguida pelos segmentos de base da igreja católica. Embora tenha havido alguma mudança, a orientação eclesial da direção da igreja continua em contradição com a orientação de suas bases, principalmente nos países do terceiro mundo, onde os problemas relacionados com a pobreza são mais graves.

Cito abaixo mais alguns casos ilustrativos, alguns deles já mencionados anteriormente. Não estou preocupado aqui em descrever de forma precisa as regras que estão em contradição entre si, mas sim, em mostrar que as ‘contradições estruturais’ são importantes para a análise do desenvolvimento social e técnico e que, conseqüentemente, é necessário haver uma abordagem analítica que as leve em consideração de forma sistemática.

Na introdução desta tese fiz referência à forte contradição entre o avanço científico e tecnológico alcançado neste final de século e o agravamento de antigos problemas como miséria, fome e desigualdade social. Creio estar já bem evidente que as regras sociais que estruturam o sistema econômico, bem como o desenvolvimento da ciência e da tecnologia se encontram, no momento, em franca contradição com as regras do ‘pensamento humanista’⁶ no sentido de buscar soluções para os problemas sociais mais graves. Da mesma forma, a lógica das regras do lucro e da competitividade no mercado estão em contradição com as regras que orientam as atividades ‘assistencialistas’ do Estado no sentido de minorar os problemas causados pelo crescimento do desemprego, da marginalidade, pobreza, desigualdade, etc.

⁶ Por ‘pensamento humanista’ considero as inúmeras formas de pensamento que colocam as condições do ser humano em primeiro lugar. As “regras” do pensamento humanista, é importante deixar claro, nada têm de universal e são, portanto, historicamente constituídas.

Outra contradição, já mencionada antes, é a que existe entre o aumento crescente da frota de carros, ônibus e caminhões de uma cidade, e a capacidade espacialmente limitada de seu sistema de tráfego. Tal incompatibilidade vem crescendo de proporção nos últimos anos, e não há nenhuma indicação, infelizmente, de que será enfrentada seriamente a curto ou médio prazos.

Por vezes, as contradições são internas a dada esfera social. Há contradição, por exemplo, entre a lógica das regras econômicas que orientam as empresas no sentido de cortar custos por meio da eliminação de empregos e a necessidade das mesmas empresas de ampliar a venda de seus produtos. Para o “bom” funcionamento do sistema econômico, deveria haver um equilíbrio entre empregos e mercado consumidor. Não havendo isso, o aumento generalizado do desemprego pode terminar por diminuir o mercado consumidor e prejudicar o próprio sistema econômico como um todo.

Outra contradição é a que existe entre, por um lado, a propriedade privada sobre os meios de produção e as riquezas criadas, e por outro, o trabalho coletivo executado pelos trabalhadores. Essa é a contradição fundamental do capitalismo, de acordo com a bem conhecida tese de Marx. O fato dela não ter sido até hoje “resolvida” não significa que deixou de existir, uma vez que continua a provocar recorrentemente conflitos entre empresários e assalariados, evidenciando a existência de pelo menos duas lógicas sociais. No entanto, se ela continua existindo dentro do sistema capitalista, sua forma se modificou consideravelmente: as regras e dinâmicas do sistema, bem como a burguesia e o proletariado de hoje não são os mesmos do século passado. Assim, a abordagem alternativa – ao desvincular da base econômica a superestrutura ideológica, como propõe Mouzelis (1995, op.cit.) – permite ao analista examinar *historicamente* as diferentes contradições entre as esferas sociais, bem como suas diversas configurações, interrelações e autonomias relativas.

Um último exemplo relevante: a contradição existente entre a lógica de aumentar a inserção do Brasil no mercado mundial (globalização), que busca, entre outros objetivos, atrair investimentos estrangeiros para o país, e a falta de uma política nacional de capacitação tecnológica que melhore a qualificação da mão-de-obra brasileira e a

competitividade das empresas instaladas no Brasil. Trata-se de tema amplo e polêmico, que não interessa esmiuçar aqui.

É importante observar que as contradições não estão nunca inteiramente ‘dadas’: elas são formuladas e reformuladas historicamente. A descrição acima representa apenas uma tentativa simplificada de formulá-las. O que me permite afirmar que são ‘contradições’ é o fato de propiciarem ações e resultados conflitantes, como por exemplo, novos produtos tecnológicos para alguns e aumento da pobreza para outros; lucros para fabricantes de veículos e transtornos para as grandes cidades; redução de custos para as empresas e diminuição do mercado consumidor; lucros para grandes empresas instaladas no Brasil, por um lado, e prejuízo para as pequenas, por outro, além de dependência tecnológica, precariedade das relações de trabalho, desemprego, etc.

III.4.e - Combinando as perspectivas ‘externalista’ e ‘internalista’

A problemática das contradições estruturais é crucial para entender como a abordagem alternativa permite ao pesquisador visualizar a realidade social e técnica combinando as duas perspectivas de análise. Embora não exclusivamente, é por meio do exame das contradições estruturais que a análise alternativa faz a passagem de uma perspectiva para outra.

Quando grande parte da população se orienta de maneira mais ou menos rotineira em relação a certas regras de dada esfera de atividades sociais, essas regras adquirem o que alguns chamam de ‘objetividade’; elas estão “lá fora” e constituem os objetos “dados” da realidade social e técnica; são os fatores estruturais ou ‘externos’. Assim, tais regras se tornam até certo ponto independentes da vontade da população, na medida em que esta perde (relativamente) a consciência sobre os motivos pelos quais segue as regras em questão. É quando, por exemplo, os objetos técnicos (e as regras sociais neles incorporadas) tornam-se ‘caixas-pretas’. No exame deste tipo de situação, revela-se adequada a perspectiva ‘externalista’. A abordagem alternativa, no entanto, vai além: ela não perde de vista que a existência de tais regras não é perene, que elas

podem mudar de uma hora para outra, por exemplo em situações em que máquinas deixam de funcionar corretamente e/ou em que ocorrem conflitos sociais.

Nesse sentido, à medida que as regras de dada situação passam a ser questionadas, sua ‘objetividade’ pode ir dando lugar a uma situação em que as regras se tornam objeto de análise e, talvez, de estratégias de transformação. Assim, a reprodução ou transformação das regras hipotéticas sob questionamento passam a depender apenas da ação dos agentes insatisfeitos. Nesta segunda situação, a perspectiva ‘internalista’ se torna imprescindível, pois a análise passa a visualizar os processos de negociação em torno da construção e desconstrução dos objetos sociais e técnicos. Aqui, novamente, a abordagem alternativa vai além: ela não perde de vista que os atores apresentam capacidades distintas de ação nas diferentes esferas sociais, em função das ‘regras existentes’ e de sua (deles) posição na hierarquia social.

O fato de haver uma divisão de trabalho entre as diversas atividades sociais e técnicas desenvolvidas na sociedade e de que tais atividades costumam transcorrer em espaços e tempos próprios (mesmo quando ocorrem sobreposições), faz com que os focos de atenção dos agentes – em relação às regras sociais que os preocupam em dado momento – se concentrem em geral em pontos diferentes. Em outras palavras, há uma profusão de distintas atividades humanas, e as diferentes regras sociais e técnicas dessas atividades não podem se tornar objeto de análise e de transformação para todos os agentes simultaneamente⁷. Torna-se, por conseguinte, necessário assumir que considerável parte dos objetos sociais e técnicos estão “dados” – justificando-se, assim, o uso da perspectiva ‘externalista’ –, e ao mesmo tempo conceber parte deles como objetos em construção, frutos de estratégias dos atores macro do setor em questão – justificando-se, então, a utilização da perspectiva ‘internalista’.

⁷ É essa constatação que algumas análises feitas sob a perspectiva internalista se recusam a admitir. A hipótese que parecem seguir é a de que, quando os atores da inovação interagem nas diversas áreas da sociedade, eles podem negociar e manipular *todos* os elementos sociais e técnicos, quando na verdade isso não ocorre, pois depende da capacidade transformativa dos agentes, ou seja, da hierarquia específica das áreas envolvidas.

Em outras palavras, os agentes da inovação manipulam regras sociais e técnicas que apresentam diferentes graus de maleabilidade. Quando as regras são “imutáveis”, isto é, estão fora da capacidade de manipulação dos atores da inovação ou, simplesmente, não estão sob questionamento, essas regras podem perfeitamente ser analisadas sob uma perspectiva ‘externalista’. Quando as regras se encontram no âmbito de manipulação dos agentes, torna-se necessário mudar o enfoque para uma perspectiva ‘internalista’. Finalmente, como o processo de geração tecnológica envolve *sempre* ambos os tipos de regras, *sempre* será necessária a utilização das duas perspectivas de análise.

Tentarei “resolver”, de forma sucinta, um dos dilemas discutidos no Capítulo II, o do ‘grau de realismo dos fatores técnicos’ (ou ‘sociotécnicos’), ou seja, decidir até que ponto eles devem ser visualizados como dados (ou objetivos) nas análises da geração tecnológica. Pelos argumentos apresentados aqui, podemos dizer que a questão não é ‘até que ponto’ eles devem ser considerados como objetivos, mas ‘quando’ eles devem e ‘quando’ não devem ser vistos como tais. Trocando em miúdos, como os agentes sociais *não* estão envolvidos nos processos sociais e técnicos de construção e reconstrução da sociedade durante todo o tempo ou em todas as situações, as duas perspectivas de análise são imprescindíveis para um entendimento mais completo dessa realidade complexa. Em suma, não é possível analisar o processo de construção/reconstrução da realidade no espaço e no tempo de forma holística, pois este processo é em si mesmo, fragmentado e multifacetado, tanto espacial como temporalmente.

Concluo, portanto, que toda e qualquer geração tecnológica pode e deve ser examinada combinando-se as duas perspectivas, já que elas são complementares e possibilitam focalizar duas facetas essenciais, porém distintas, do processo de reprodução/ transformação da realidade social e técnica: uma é ligada às regras que não estão sendo, ou não podem ser manipuladas pelos agentes da inovação em dado momento – as regras “dadas” –, e a outra envolve as regras, tanto técnicas como sociais, que estão sendo questionadas naquele momento, portanto mais “maleáveis”.

Em resumo, as regras que orientam as atividades humanas em certa esfera social e/ou organização estarão, por vezes, em contradição com as que orientam outras atividades sociais. Tal contradição pode, então, provocar conflitos e, conseqüentemente, levar os atores a avaliações e reavaliações da situação vigente, com vistas a modificar (ou não) as regras contraditórias. Isso não é realizado, porém, de forma linear e progressiva por atores livres e desinteressados, mas por agentes posicionados nas estruturas hierárquicas vigentes, que, de forma geral, conferem privilégios a determinados agentes, induzem diferentes interesses, explícitos ou não, e definem capacidades distintas de ação. Assim, não alterar certas regras que provocam conflitos (ou, mudar para não alterar, como é mais comum) pode fazer parte do discurso de ‘justificação’ dos agentes privilegiados, ou seja, das regras que ‘legitimam/ distorcem’ a realidade vigente de dado campo de atividades sociais.

Como já foi frizado, a abordagem alternativa propõe uma análise das contradições entre as regras sociais, mas não considera essas regras como universais, já que elas são ‘criadas’ e ‘recriadas’ historicamente. As regras podem ser avaliadas e reavaliadas a cada momento, particularmente nas situações que provocam mau funcionamento ou conflitos. A cada nova situação histórica, novas facetas das contradições (que não são estáticas, evidentemente) podem ser percebidas e reformuladas, de acordo com as novas preocupações dos agentes. Desse modo, a abordagem procura aliar a capacidade de análise do marxismo – estabelecendo nexos entre as contradições estruturais e as estratégias e cursos de ação dos agentes sociais – com a necessidade do exame do processo dinâmico e criativo desenvolvido pelos agentes sociais na percepção das contradições, na formulação de estratégias de ação e, em consequência, na transformação das estruturas técnicas e sociais.

III.5 - As idéias principais da abordagem alternativa

Recapitulemos os passos seguidos pelo trabalho até o momento. Vimos inicialmente que o desenvolvimento tecnológico é um processo social complexo e dinâmico no qual está sempre presente um conjunto de escolhas entre diferentes opções técnicas. Este processo envolve várias etapas e diferentes atividades sociais

interconectadas, interagindo umas com as outras, desde a concepção das idéias científicas e das invenções, até os estágios de introdução dos artefatos no mercado e sua utilização social mais ampla. Ao lado de considerações estritamente técnicas, todas as etapas envolvem inúmeros fatores sociais, que afetam a definição das opções e influenciam as características das novas tecnologias, seus resultados efetivos e suas implicações sociais.

Depois, examinamos as diferentes tradições de estudo dos processos de geração tecnológica, apresentando vários tipos de enfoques da questão, descrevendo seus pontos de partida, idéias e estratégias de análise. A seguir, problematizamos a utilização desses enfoques, mostrando algumas de suas fragilidades. Para melhor visualizá-las, dividimos as abordagens em dois grandes grupos. No primeiro deles, os enfoques seguem uma perspectiva ‘externalista’; no outro, uma perspectiva ‘internalista’. Dissemos então que na perspectiva ‘externalista’ as análises tendem a privilegiar as estruturas sociais mais amplas e os processos sociais maiores, como os econômicos e os políticos, por exemplo, que passam a ser vistos como as causas principais do desenvolvimento tecnológico e das próprias feições finais da tecnologia. Por outro lado, as análises sob uma perspectiva ‘internalista’ tendem a privilegiar o papel dos processos locais e da ação criativa de agentes autônomos, em particular dos atores mais envolvidos com a geração de tecnologias, como cientistas e engenheiros. Vimos que ambas as perspectivas, embora partindo de óticas particulares distintas, buscam levar em consideração o “outro lado”: na primeira perspectiva, o papel da ação local e imponderável dos agentes da inovação, e na segunda, o das estruturas sociais mais amplas. Por melhor que seja feita, uma análise nos moldes de apenas uma das perspectivas oferece somente um panorama incompleto do desenvolvimento de determinada tecnologia.

A partir do exame dessas inadequações, buscamos descobrir algumas de suas causas. Vimos que, embora as duas perspectivas se apoiem corretamente na idéia da configuração recíproca entre estruturas e agentes, elas terminam, explícita ou implicitamente -- ao empregarem uma distinção equivocada entre situações macro e micro -- por não levar na devida consideração o aspecto hierárquico das estruturas sociais. A possível ponte entre as situações micro e macro pode ser estabelecida

somente se for levada em conta a hierarquia social. Desse modo, em certas situações, atores individuais podem ser vistos como macro e estruturas sociais como micro, dependendo do alcance no espaço e no tempo de suas influências sobre a produção/reprodução da sociedade, suas organizações e seus processos sociais e técnicos.

Constatamos, então, que a idéia central subjacente à análise feita até o momento era a de que a contribuição efetiva dos atores e das estruturas é variável, e que essa contribuição variável também é fruto de um processo social, que se transforma historicamente e depende crucialmente, no caso particular da geração tecnológica, da hierarquia em pelo menos três esferas sociais: a econômica, a política e a científica/tecnológica. Examinamos, finalmente, a divisão analítica das regras da produção econômica, tomada emprestada do marxismo, generalizando-a para as demais atividades humanas sob a denominação de ‘atividades de produção social’ da realidade.

Afirmamos a seguir que, devido à forte divisão de trabalho da sociedade atual, nela coexistem esferas sociais de atividades humanas distintas – economia, política, cultura, ciência, religião, etc –, nas quais podem ser diferentes os tipos de regras hierárquicas. Tal hipótese não significa, de modo algum, que os setores da sociedade são considerados como estanques, pois se reconhece que as atividades sociais estão profundamente entrelaçadas; mas assume-se que, embora as esferas sociais se apresentem entrelaçadas e se influenciem mutuamente, elas detêm *certo grau* de autonomia.

Por fim, examinamos o papel das contradições estruturais entre as diferentes esferas sociais (ou internas a elas), que podem reproduzir regras e dinâmicas contraditórias e, assim, induzir ações conflitantes. Vimos então que a importância das contradições está no fato de que elas, ao provocarem choques entre diferentes grupos sociais, ao mesmo tempo propiciam momentos de análise – por parte dos próprios agentes envolvidos – com vistas 1) à busca de um melhor entendimento da situação em que se encontram; e 2) à formulação e reformulação de suas estratégias de ação, de modo a reproduzir ou alterar as regras estruturais da situação vigente.

A alternativa aqui defendida diferencia-se das outras não por propor idéias e conceitos inteiramente novos, mas por tentar associá-los e ordená-los de uma maneira tal, que permita incorporar as contribuições relevantes das diversas abordagens e ao mesmo tempo evitar suas inadequações. É importante focalizarmos por um momento a atenção nos pontos positivos das duas perspectivas analisadas e de alguns de seus enfoques, adotados pela análise alternativa proposta.

Dos enfoques que seguem a perspectiva ‘externalista’ extraímos, basicamente, as análises dos processos econômicos e políticos maiores e dos conflitos nas relações de trabalho, bem como de suas tendências gerais e históricas em certos setores, em alguns países e no seu conjunto. Embora a maioria dos enfoques não utilize a divisão das regras da produção social, como foi por nós descrita, é principalmente nessa perspectiva que a hierarquia das várias esferas sociais aparece mais bem caracterizada. Do marxismo, assumimos a visão das contradições estruturais como “catalisadores” de processos de transformação social e técnica, que nos permitiu, em particular, a realização da passagem da perspectiva ‘externalista’ para a ‘internalista’.

Os enfoques dentro da perspectiva ‘internalista’ contribuem com outras idéias. Do ‘Construtivismo Social’, por exemplo, tomamos os relevantes conceitos de ‘flexibilidade interpretativa’ e ‘fechamento’; da abordagem de sistema e de rede, a idéia de ‘profissionais heterogêneos’ para indicar o trabalho ‘heterogêneo’ dos agentes da inovação, que negociam com atores de diferentes esferas sociais, bem como a idéia de que os elementos sociais e técnicos devem ser visualizados de forma integrada.

Uma das contribuições dessas abordagens é a visão de ‘negociação’ entre atores macro de diferentes áreas da sociedade associados pelo interesse de construir determinada tecnologia, muito embora tal conceito não esteja claramente definido. Essa negociação passa a ser vista, agora, em contexto, ou seja, atores macro dos campos econômico, político e científico/ tecnológico apresentam visões diferentes de como definir projetos, adotar determinadas opções técnicas e conduzir seu desenvolvimento. Assim, o processo de ‘fechamento’ é analisado nas diversas formas possíveis em que pode ocorrer, de acordo com as forças relativas dos atores macro que controlam, em

dados momento, o processo de ‘fechamento’; este não representa, de modo algum, a solução última ou de sucesso, mas apenas uma ‘solução fechada’, de acordo com o pacto contingencial das forças que a apóiam.

Vemos, portanto, que também a abordagem alternativa examina a geração tecnológica focalizando os esforços e estratégias engendrados pelos agentes promotores em sua busca de traduzir, firmar e estabilizar na rede os diversos elementos heterogêneos. Isso, porém, é feito de forma a relacionar esse processo com a hierarquia e a dinâmica de jogo dos atores de diferentes campos de atividades sociais e com o processo de estabilização e cristalização dessa hierarquia na organização ou setor que conduz a geração da nova tecnologia.

III.5.a - Os passos de uma análise de acordo com a abordagem proposta

Com as idéias e conceitos mais ou menos delineados nas seções anteriores, irei agora descrever as idéias principais do método de análise proposto para o exame da geração de determinada tecnologia (já desenvolvida ou em criação), que podem ser resumidas em oito passos (não necessariamente lineares):

1. rastrear os agentes que participam do processo de desenvolvimento de determinada tecnologia ou sistema tecnológico; ou seja, um dos primeiros passos é seguir os atores da inovação e observar o que fazem.
2. identificar os diferentes tipos de atividades (ou esferas sociais) que apresentam alguma influência na geração da tecnologia. Verificar como os agentes se inserem nas esferas sociais – na do desenvolvimento da tecnologia em questão e nas outras que não têm a ver diretamente com ela;
3. examinar as regras e dinâmicas das atividades ‘externas’ à da geração tecnológica em questão e, por aí, o que elas contribuem para as regras ou dinâmicas desta última; com grande probabilidade elas deverão abranger pelos menos as atividades das esferas econômica, política e científica;
4. analisar a ‘posição hierárquica’ e a ‘tradição de atuação/ qualificação’ dos agentes envolvidos no processo de inovação nas esferas sociais identificadas (as dimensões

- posicional e disposicional) para determinar sua capacidade transformativa nessas esferas – o “capital” econômico, político e científico dos agentes;
5. rastrear possíveis contradições estruturais das regras, dinâmicas e lógicas das diferentes esferas sociais condicionantes do processo de geração tecnológica, relacionando-as com ações conflitantes, caso existam, dos diferentes agentes da inovação, bem como com seu “capital” nas esferas sociais.
 6. examinar as situações históricas em que ocorrem tomadas de posição e definição de novas estratégias, com frequência induzidas por contradições estruturais, e, a partir daí, os eventos em que os agentes negociam e contróem, de acordo com seu capital, o grupo ou organização responsável pela geração tecnológica e, assim, definem sua estrutura de deliberação e funcionamento.
 7. analisar, dentro da organização criada, as diferentes regras, dinâmicas e lógicas das diferentes atividades dessa organização e/ou de seus membros, relacionando tais regras com o “capital” dos agentes ‘internos’ e ‘externos’ à organização, e, assim, com suas estratégias, iniciativas e negociações (micro e macro) no processo de definição das características da tecnologia em questão.
 8. analisar, nas sucessivas situações históricas, como ocorre a transformação das estruturas e dos atores sociais ‘macro’ e ‘micro’ em cada esfera e/ou organização envolvidas, à medida que vão gradualmente moldando e “fechando” as características na nova tecnologia.

É importante frisar que o caminho de análise proposto acima não deve ser visto como linear, nem menos ainda como modelo geral da inovação tecnológica. Os passos propostos têm o propósito de servir como ‘guia reflexivo’ ao orientar o pesquisador no exame do seu material empírico. O simplismo do caminho descrito acima transparece, por exemplo, no fato dos atores serem classificados em apenas dois níveis, micro e macro, quando na realidade há uma miríade de posições intermediárias, tal como as ‘camadas de uma cebola’. De qualquer modo, os passos descritos servem bem ao objetivo de explicar o método de análise.

Concluindo, a abordagem alternativa busca analisar a geração tecnológica focalizando as iniciativas e as negociações de agentes que estão inseridos nas esferas

científica, econômica e política, podendo haver a participação de outras esferas sociais de acordo com a tecnologia. Ela examina como os atores envolvidos, condicionados por suas áreas de atividade específica, bem como por suas possíveis contradições estruturais, criam um projeto comum, associando-se em torno dele, e, num processo gradual, complexo e não-linear, desenvolvem determinado artefato ou sistema tecnológico.

2ª Parte

Os Sistemas Digitais de Telefonia criados no Reino Unido, Suécia e Brasil

Esta breve introdução visa esclarecer o leitor sobre algumas das características gerais do setor de telefonia e do seu mercado, de maneira a tornar mais visível a tecnologia que se estará examinando nos próximos três capítulos. De início, uma evidência: os sistemas de telefonia existem porque usamos telefones. Portanto, comecemos a introdução pelos telefones.

Vivemos numa época em que os telefones se tornaram amplamente aceitos e são frequentemente considerados essenciais para a vida das pessoas, tanto no lar como no trabalho, mesmo para aquelas que dele se valem apenas “na esquina”. Hoje em dia o número de linhas ou terminais telefônicos no mundo já ultrapassa a marca de 880 milhões (Horta, 1997). Quando os concebemos como corriqueiros aparelhos domésticos, do cotidiano das pessoas, é comum esquecermos que os telefones representam o resultado do esforço contínuo de cientistas e engenheiros durante mais de um século, desde sua invenção por Alexander Bell em 1876 (Meurling, 1985). Nestes mais de cem anos, os telefones sofreram várias mudanças em função do advento gradual de novas tecnologias. Em anos recentes assistimos a uma enorme expansão da capacidade dos sistemas telefônicos, agora digitais, com a exploração crescente de novas facilidades e serviços. Atualmente, presenciamos o processo de convergência das tecnologias e dos serviços oferecidos pelas empresas telefônicas (por meios convencionais e/ou celulares), pelas redes mundiais de computadores (Internet), e pelas redes de canais de

televisão a cabo, nos quais as fronteiras, outrora bem delimitadas entre os diversos serviços, tornam-se gradualmente menos nítidas.

Os sistemas telefônicos são basicamente constituídos pelos seguintes elementos: os telefones e aparelhos locais (pabx, secretária eletrônica, fax, microcomputador, etc), as redes de transmissão (cabos convencionais, os de fibras óticas, sistemas via satélite, etc) e os equipamentos que gerenciam o funcionamento da rede telefônica. Entre estes, o principal aparelho é o ‘sistema de chaveamento’, ou ‘central telefônica’, que controla a efetivação das ligações entre os usuários, e o funcionamento das diversas etapas das ligações telefônicas, tais como, por exemplo, o sinal de linha, a recepção da discagem, a interpretação dos números, a escolha do caminho pela rede até o telefone do destinatário, a efetivação da conexão, o sinal de chamada, o de ocupado, etc. Portanto, o sistema de chaveamento é a máquina que conecta o telefone da ‘pessoa que chama’ ao telefone da ‘pessoa chamada’ e controla as demais funções que permitem a efetivação da ligação telefônica. Todos os telefones, ou melhor, as linhas telefônicas, formam uma imensa rede, hoje mundial, de fios, terminais e cabos de transmissão, cuja interligação é controlada pela central telefônica. Além disso, tal sistema também controla os serviços telefônicos automáticos, como a ‘chamada a cobrar’, a ‘hora certa’, o ‘despertador automático’, etc.

Os primeiros sistemas de chaveamento eram manuais, com operadores (popularmente conhecidos no Brasil como ‘as telefonistas’) responsáveis pela efetivação das ligações¹. Mais tarde foram criados os primeiros sistemas automáticos com chaves mecânicas ou eletro-mecânicas: ‘Strowger’ ou ‘passo-a-passo’, ‘pontos cruzados’, ‘barras cruzadas’, ‘reed relay’, entre outros. O controle sobre estas chaves eletro-mecânicas foram sendo pouco a pouco automatizados por meio de recursos eletrônicos. Primeiro surgiram os ‘marcadores’ e ‘registradores’, depois foram inventadas as primeiras formas de automação eletrônica, que se mostravam ainda bastante limitadas, pois não eram programáveis - uma vez construídas tinham funções fixas. A seguir

¹ Cada pessoa tinha um telefone e uma linha telefônica (um fio) que ligava a pessoa à central telefônica, composta por um painel cheio de furos, um para cada linha telefônica, e de vários cabos para conectar dois furos ou linhas telefônicas. A telefonista era a responsável pela conexão que o usuário pedia quando ligava para a central.

surgiram as primeiras versões de ‘SPC’ (Storage Program Control), nas quais havia programas que controlavam as chaves e as conexões telefônicas de modo gradualmente mais flexível. E finalmente, tanto as chaves como o seu controle passaram a ser totalmente eletrônicos e digitais, utilizando circuitos integrados, processadores digitais poderosos e programas abrangentes. O que antes era controlado manualmente pelo operador hoje é feito automaticamente, com enorme capacidade em termos de número de linhas, de rapidez e qualidade do processamento, e de alcance da rede mundial.

Por sua grande importância e complexidade técnica, os equipamentos de telecomunicação sempre representaram enorme mercado para as empresas fabricantes – desde telefones, fax, secretárias eletrônicas, cabos convencionais, fibras óticas até os sistemas digitais de chaveamento – as centrais de telefonia. Em 1996, todos esses equipamentos representavam 14% do mercado total de ‘infocomunicações’ – “neologismo inventado para designar a recente sinergia entre a área de telecomunicações e a de informações” (Horta, 1997), o que significa, em termos numéricos, 180 bilhões de um total de 1,3 trilhões de dólares, de acordo com o ‘World Telecommunication Development Report 1996/97’ (WTDR-96/97) (Horta, op.cit.). Em 1978, o mercado de telecomunicações havia movimentado 34 bilhões de dólares (‘The Economist, 28/10/78’, citado por Hills, 1984, p77), um crescimento de 530% em 20 anos. Na Tabela 1 são mostradas as principais empresas fabricantes de centrais públicas de telefonia e a sua participação no mercado mundial.

As redes telefônicas e seus serviços são montados e gerenciados pelas companhias telefônicas ‘operadoras’. Por exemplo: a ‘British Telecom’ e a ‘Mercury’ no Reino Unido, a ‘Televerk’ na Suécia, a ‘Deutsch Telekom’ na Alemanha, a ‘Telebrás’ com suas várias subsidiárias regionais no Brasil. As empresas operadoras, portanto, são os principais ‘fregueses’ dos equipamentos de telefonia. Os principais deles são as centrais de telefonia. Estas podem ser de pequeno porte -- com capacidade de até 5 mil linhas telefônicas, para atender locais de baixa densidade demográfica, como pequenas cidades ou regiões rurais --, ou de grande porte – com até 100 mil linhas, para atender grandes centros urbanos.

Tabela 1 Perfil do Mercado Internacional de Centrais Públicas de Telefonia

Empresa	Sistema	País de origem	Mercado (%)		
			1978 [*]	1989 ^{**}	1995 ^{***}
Alcatel ¹	E-10	França	4	20	17
ITT ²	System 12	EUA	15	-	-
Nortel	DMS	Canadá	4	12	15
AT&T	5ESS	EUA	24	17	14
Siemens	EWSD	Alemanha	9	12	13
Ericsson	AXE	Suécia	5	11	13
NEC/ Fujitsu/ Hitachi	D60/ D70 NEAX/ FETEX	Japão	4	12	11
GPT ³	System X	R.Unido	3	6	4
Promon/ STC/ Alcatel ⁵	Trópico	Brasil	-	-	~0,3 ⁴

Obs: os dados se referem somente às centrais públicas de telefonia (fixa e celular)

^{*} Fonte: 'The Economist, 28/10/78' (Hills, 1984, p81).

^{**} Fonte: 'Datapro International, 1989' (Molina, 1990, p2).

^{***} Fonte: 'Dittberner Associates, Inc.', 1995.

¹ Em 1978, a fração do mercado se refere às empresas francesas, não só à Alcatel.

² Na década de 80, a Alcatel comprou o 'System 12' da ITT ampliando a sua participação no mercado do setor.

³ Em 1978, a fração se refere às empresas GEC e Plessey. Em 1986, a primeira comprou a segunda formando a GPT e, em 1989, 40% de suas ações foi adquirida pela Siemens.

⁴ Valor especulado a partir do total de linhas instaladas (com o sistema 'Trópico') no Brasil até o final de 1996, aproximadamente 1 milhão e meio, de acordo com a Telebrás.

⁵ Em 1991, a Alcatel comprou as empresas brasileiras 'Sesa' e a 'Elebra' (Britto, 1996, p41), passando então a produzir o seu 'Sistema 12' e o 'Trópico'.

Como consumidoras, as companhias operadoras costumam interessar-se pela melhor qualidade das linhas (um nível baixo de ruído, por exemplo) e pelas novas

facilidades que os sistemas digitais permitem (como 'free-phone'², tele-conferências, serviços automatizados, etc). No mundo todo, as empresas operadoras instalaram, somente em 1995, um total de 45 milhões de novas linhas de telefone fixo e 33 milhões de telefone celular, obtendo com os serviços de telecomunicação uma receita global de 670 bilhões de dólares (WTDR-96/97, citado por Horta, op.cit). A Tabela 2 permite ao leitor visualizar o crescimento do setor.

Tabela 2 Perfil do Mercado Mundial de Serviços de Telecomunicações

	1990	1993	1996
Nº de linhas de telefone fixo (milhões)	519	605	745
Nº de linhas de telefone celular (milhões)	11	34	135
Receita global com serviços de telecomunicação (bilhões de dólares)	377	470	670

Fonte: 'World Telecommunication Development Report 1996/97', (Horta, 1997).

Cada um dos países objeto de estudo nesta tese criou sua própria tecnologia digital de telefonia. Na Suécia foi criado o sistema 'AXE-10', no Brasil o 'Trópico', e no Reino Unido o 'System X'. Neste último caso, a companhia telefônica operadora (Correio Britânico) e três empresas privadas, fabricantes de equipamentos de telefonia, associaram-se e desenvolveram o sistema digital. A concepção deste foi esboçada pela primeira vez em 1968; seu desenvolvimento, no entanto, passou por fases difíceis,

² São ligações gratuitas possibilitadas aos usuários. Em geral, no Brasil, começam pelo número 800.

conflitos prolongados, e apenas em 1985 iniciou-se sua implantação na rede telefônica britânica. No caso da Suécia, duas empresas, uma estatal (Televerket) e a outra privada (Ericsson), criaram uma terceira empresa, e esta desenvolveu o sistema digital do país. O desenvolvimento neste caso foi consideravelmente mais rápido que o britânico. Sua fase de concepção situa-se mais ou menos na mesma época, 1970, mas já em 1978 as primeiras versões do sistema digital usando a tecnologia 'AXE-10' começaram a entrar em operação na Suécia e Finlândia. No caso do Brasil, finalmente, a companhia telefônica operadora (Telebrás) criou, com o apoio governamental, o centro de pesquisas da Telebrás (CPqD), que projetou e desenvolveu o sistema digital brasileiro. Também aqui houve problemas técnicos e sociais, que provocaram o atraso do projeto. Seu início data de 1976, porém somente em 1980, por meio de uma estratégia gradualista e com a participação de pequenas empresas brasileiras, passos mais concretos foram dados para viabilizar o projeto 'Trópico'. Os frutos da primeira etapa apareceram em 1985 com as centrais de pequeno porte e mais tarde, em 1991, com as centrais de grande porte.

Apesar das trajetórias históricas distintas, os três sistemas criados apresentam resultados muito parecidos em termos técnicos. Eles têm capacidades e algumas características bastante semelhantes (como a capacidade de interconexão analógica e digital) e a possibilidade dos mesmos serviços avançados (como 'freephone', redes virtuais privadas, serviços automatizados). A par disso, todos eles seguem, via de regra, os padrões internacionais do CCITT (Consultive Committee for International Telegraph and Telephone). Em suma, seus desempenhos são de maneira geral equivalentes, embora as soluções técnicas sejam diferentes umas das outras. A maior diferença encontra-se na arquitetura do processador e dos programas. O sistema 'AXE-10' utiliza um processador em dois níveis, um central e vários periféricos. O 'System X' usa um processador central de grande capacidade com uma estrutura de processamento paralelo em agrupamentos ('clusters'). O sistema 'Trópico', em contraste, emprega uma estrutura de processamento totalmente distribuída, utilizando para tanto várias dezenas de microprocessadores.

O Sistema sueco, entre os três, é o mais comercializado, competindo em pé de igualdade com as maiores empresas fabricantes do setor, como é mostrado na Tabela 1.

A Ericsson vende seu sistema para mais de 110 países do mundo todo, inclusive para o Reino Unido e o Brasil, onde centrais com a tecnologia sueca funcionam lado-a-lado com a do próprio país.

Na 2ª Parte pretendo, portanto, comparar os processos que conduziram à construção dos sistemas digitais de telefonia da Suécia, do Reino Unido e do Brasil ao longo das décadas de 70 e 80, utilizando para isso três abordagens diferentes. No Capítulo IV, utilizei a primeira dessas abordagens, que segue uma perspectiva ‘externalista’. No capítulo seguinte, empreguei uma perspectiva ‘internalista’ e, finalmente, no Capítulo VI, comparei os três casos por meio da abordagem alternativa, discutida e proposta no Capítulo III, que procura combinar de um modo particular as duas perspectivas anteriores. Deste modo, o objetivo da 2ª Parte é duplo: examino e comparo os três casos históricos e, ao mesmo tempo, analiso três enfoques destes casos.

Capítulo IV

Uma Abordagem ‘Externalista’: os Fatores Sociais e Técnicos

IV.1 - Introdução

Examinarei neste capítulo os diversos fatores sociais e técnicos que impulsionaram e moldaram o desenvolvimento dos sistemas digitais de chaveamento telefônico – focalizando esses fatores de maneira ‘externalista’. Primeiro, abordo historicamente a evolução do sistema de telefonia de cada país até a véspera da concepção do projeto dos novos sistemas, e, a partir desse momento, analiso os diferentes fatores, comparando nos três casos seus aspectos semelhantes e suas diferenças fundamentais em função dos projetos iniciais, dos desenvolvimentos posteriores e de algumas das características técnicas principais dos três sistemas digitais de telefonia.

A idéia central da abordagem ‘externalista’, como foi discutida na 1ª Parte da tese, é de que são os fatores técnicos e sociais ‘externos’ que em última instância “determinam” as condições sob as quais ocorre o desenvolvimento das tecnologias e, portanto, a própria tecnologia criada e desenvolvida. Por vezes esses fatores são vistos de um ponto de vista estrutural, outras vezes como fatores ‘mais amplos’, indicando com isso, em geral, o papel de dinâmicas econômicas e políticas maiores. É importante deixar claro que a abordagem ‘externalista’ particular empregada aqui procura abranger algumas das características mais marcantes dos vários enfoques externalistas, porém não se confunde com nenhum deles. O objetivo deste capítulo é mostrar que embora os

fatores técnicos e sociais – vistos como fatores estruturais, como fatores econômicos e políticos mais amplos, ou como as condições técnicas e sociais pré-existentes – sejam essenciais eles não são suficientes para uma análise mais acurada do desenvolvimento das tecnologias – a dos sistemas digitais de telefonia no caso examinado nesta tese.

IV.2 - Fatores históricos

Os sistemas telefônicos do Reino Unido, Suécia e Brasil já existiam e funcionavam no momento em que se decidiu, em cada um dos países, desenvolver um sistema digital de chaveamento telefônico público. Uma longa história já se desenrolara, a qual, ao mesmo tempo, possibilitava e limitava as oportunidades para o processo de criação de um novo sistema de telefonia. Em outras palavras, tal como expresso por Molina, as “bagagens históricas” diferentes dos participantes do setor de telefonia, em cada país, tiveram grande influência na concepção e no desenvolvimento dos novos sistemas (Molina, 1990, p70).

O fator histórico em si já é uma análise histórica das tecnologias de telefonia desenvolvidas antes das digitais. As três histórias contadas a seguir não seguem rigorosamente a perspectiva ‘externalista’. A análise realizada nesta Seção IV.2 segue um enfoque mais descritivo por onde se visualiza tanto os fatores estruturais como as iniciativas dos agentes do setor de telefonia. É o resultado dessas três histórias que se considera, pela perspectiva externalista, como sendo o ‘fator histórico’ que moldou a tecnologia dos sistemas digitais de telefonia.

IV.2.a - História da telefonia britânica

A rede telefônica britânica era formada até 1911 apenas por redes locais, que funcionavam com sistemas de chaveamento manuais. A companhia ‘National Telephone Company’ até então administrava e explorava comercialmente os serviços telefônicos (Young, 1983, p22). Naquele ano o governo britânico nacionalizou a rede de telégrafos e telefones, e o ‘British Post Office’ - BPO (Escritório Britânico de Correios ou, simplesmente, Correio Britânico) assumiu o monopólio da rede. Como revela o próprio

nome, esta organização também cuidava de serviços de correios e era constituída como um departamento de governo sujeito a rígido controle orçamentário. Desde a sua fundação, no século passado, o BPO sofria com o ‘Treasury stranglehold’ – o ‘estrangulamento’ do Ministério da Fazenda (Young, op.cit., p3).

Os equipamentos telefônicos manuais eram limitados e lentos, e os custos com a força de trabalho (operadores) muito altos. Em 1912, o BPO importou de Chicago, EUA, os primeiros equipamentos automáticos de telefonia com a tecnologia ‘Strowger’ (op.cit., p22). Porém, com o início da 1ª Guerra Mundial as importações e a expansão da rede telefônica foram paralisadas por conta do direcionamento de todos os recursos para a guerra.

No início dos anos 20, o BPO decidiu padronizar os equipamentos que viessem a ser instalados em sua rede com a adição de dispositivos chamados ‘registradores-tradutores’ ao sistema Strowger. Eram dispositivos que basicamente permitiam a contabilização de contas telefônicas. Esta padronização representou o primeiro passo para o início da indústria britânica de equipamentos de chaveamento telefônico que o governo britânico promoveu a seguir. O BPO e cinco empresas privadas assinaram um acordo para fabricar e suprir a rede telefônica britânica com equipamentos automáticos de telefonia. Essas cinco empresas formaram um grupo que ficou conhecido como “O Anel” (Hills, 1984, p124). Quatro delas eram britânicas – ‘Automatic Telephone Exchanges’ (ATE), ‘General Electric Company’ (GEC), ‘Siemens Brother’ e ‘Ericsson Telephones Ltd.’ (estas duas últimas nada tinham a ver com as empresas alemã e sueca de mesmo nome)¹; e a última era subsidiária da empresa americana ‘Western Electric’ e se transformou mais tarde na ‘Standard Telephone Cables’ (STC) (Molina, 1990). O acordo assegurava ao BPO o suprimento de centrais telefônicas de que necessitava, e às empresas fabricantes um mercado protegido de concorrência, com uma fatia assegurada de 20% a cada uma, situação sem dúvida alguma muito cômoda para elas. Este acordo vigorou e estruturou o setor de produção de equipamentos de telefonia para a rede

¹ Ignoro a origem do nome dessas empresas. Seria interessante pesquisar se não tinham originalmente alguma ligação com as correspondentes estrangeiras.

nacional até quase o final da década de 60, embora algumas dessas empresas deixassem então de existir como veremos adiante.

Apesar dos problemas de orçamento do BPO, que restringia a compra de novos equipamentos automáticos e, assim, a expansão da rede telefônica que tentava acompanhar com dificuldades o crescimento da demanda por novas linhas telefônicas, às empresas do 'Anel' estavam na realidade muito bem servidas com o vasto mercado representado não somente pelo mercado nacional, o terceiro do mundo (Molina, op.cit., p22), mas também pelo das colônias britânicas e da comunidade do 'Commonwealth'. Não foi por acaso que as cinco empresas se tornaram líderes no mercado mundial de equipamentos telefônicos automáticos nos anos 50, abocanhando uma fatia de 25% desse mercado (Molina, op.cit., p23).

Embora o BPO não fabricasse os equipamentos de telefonia de que necessitava e era, neste sentido, dependente das empresas fabricantes, ele tinha seu próprio departamento de pesquisas, que funcionava em 'Dolis Hill', em Londres. Este departamento era chefiado nos anos 30 e 40 pelo renomado cientista Teddy Flores, responsável pelo desenvolvimento de um dos primeiros computadores do mundo, o 'Colossus', utilizado durante a 2ª Guerra Mundial para decodificar códigos de guerra (Hills, op.cit., p130). Flores foi um dos primeiros cientistas a propor então a 'chave eletrônica' para os sistemas de telefonia, que na época consistia de válvulas termoiônicas.

Após a 2ª Guerra Mundial, uma delegação do BPO visitou os EUA e a Suécia para avaliar um sistema de chaveamento relativamente mais avançado que o Strowger, conhecido como 'crossbar' (barras cruzadas), e estudar a possibilidade de iniciar o desenvolvimento e a produção de equipamentos com essa tecnologia alternativa. O BPO decidiu no entanto continuar utilizando o sistema Strowger para a sua rede. O problema era que, embora o sistema 'crossbar' fosse mais avançado, também era mais caro até aquele momento, o que representava sem dúvida um fator decisivo para a recusa do BPO, dada sua limitada autonomia financeira. Porém, além disso, havia mais um fator: os cientistas e engenheiros do BPO já começavam a vislumbrar e, de fato, a se

deslumbrar com a possibilidade de uma ‘solução eletrônica’ para a criação de um novo sistema de telefonia (Molina, op.cit. p26). “Se era possível fazer cálculos matemáticos numa fração de segundos por meio de métodos não eletromecânicos com certeza os princípios poderiam ser aplicados no chaveamento de ligações telefônicas, especialmente no momento em que havia um equivalente em miniatura da válvula, o transistor ...” (Young, 1983, p115).

A promessa das novas técnicas e dispositivos eletrônicos era considerável, já que as chaves eletrônicas poderiam potencialmente funcionar centenas de vezes mais rápido que as chaves eletromecânicas. Essa perspectiva potencial era poderosa: “A ausência de desgaste mecânico (devido às partes móveis) sugeria que elas [chaves] seriam intrinsecamente mais confiáveis que suas correspondentes eletromecânicas, além disso, a adaptabilidade e a alta velocidade de operação dos componentes eletrônicos sugeriam que os custos de capital poderiam ser reduzidos pelo uso de equipamentos comuns. As técnicas eletrônicas também ofereciam possibilidades de reduzir custos com construções. na medida em que elas permitiriam menor espaço físico, peso, consumo de energia, além de melhor desempenho geral da transmissão.” (Harris, citado por Molina, op.cit. p28)².

O caso da empresa STC (Standard Telephone Cables) é instrutivo a esse respeito, porque ela poderia ter empregado o sistema ‘crossbar’ da companhia francesa CGCT, associada à ‘Western Electric’, já que a STC era uma subsidiária desta. Porém, “a companhia [STC] não estava interessada. Sua perspectiva era a de que um sistema intermediário seria um desvio de rota nos esforços de pesquisas, e que um sistema eletrônico, muito mais confiável e rápido, não estaria longe de ser alcançado.” (Young, op.cit. p115).

² ‘Equipamentos comuns’ a que Harris se refere é em particular o sistema de controle das chaves e das demais operações associadas a elas, que poderiam se tornar ‘comuns’ numa central telefônica, isto é, ao invés de cada chave ter um sistema de controle associado a ela, vários blocos de chaves poderiam ser controladas por um sistema de controle ‘comum’ a todas elas, posto que este sistema ‘comum’ seria presumivelmente muito mais rápido e confiável que os correspondentes eletromecânicos.

Nos anos 50, houve uma grande variedade de pesquisas realizadas pelos cientistas e engenheiros do BPO e das empresas, embora ainda sem grande integração entre elas. Em 1956, quando já começava a se tornar claro que o sistema Strowger viria a se tornar obsoleto em futuro próximo, o BPO e as companhias fabricantes se associaram e fundaram o Comitê Conjunto de Pesquisa Eletrônica (JERC), com o objetivo de desenvolver um sistema de telefonia totalmente eletrônico (Hills, op.cit. p132). Eles descartavam a criação de sistemas parcialmente eletrônicos, sistemas híbridos, e depositavam total esperança no futuro eletrônico.

Em dezembro de 1962 foi realizado um teste público com o sistema eletrônico em 'Highgate Wood', em Londres. O sistema, porém, revelou-se um retumbante fracasso. Ele sofria de sérios problemas, tais como consumo excessivo de energia elétrica, necessidade de ventilação por causa do super-aquecimento, resultando em extrema falta de confiabilidade, sem contar com o fato de ser extremamente complexo. A central telefônica era grande em comparação com os equipamentos então existentes, uma vez que utilizava válvulas termoiônicas, transistores e componentes eletrônicos *discretos*. “O sistema eletrônico de Highgate Wood utilizava um total de 377 mil componentes eletrônicos: 3 mil válvulas, 26 mil transistores, 150 mil diodos, 148 mil resistores e 50 mil capacitores.” (Broadhurst, citado por Molina, op.cit. p75). O curioso nesta tentativa frustrada, retrospectivamente, era que o sistema totalmente eletrônico ainda era analógico, utilizando a técnica de chaveamento/ transmissão chamada PAM-TDM, considerada a mais promissora na época. A tecnologia de chaveamento por pulsos digitais (PCM) não era ainda considerada viável e só veio a ser utilizada durante a década de 70.

Ao mesmo tempo, no final da década de 50 a demanda por novas linhas telefônicas aumentou consideravelmente. Havia por esta época meio milhão de britânicos em lista de espera por novas linhas telefônicas (Hills, op.cit., p116). A par disso, a exportação de equipamentos com tecnologia Strowger começa a declinar no mercado internacional, no início dos anos 60, devido em parte ao fim do colonialismo, quando o Reino Unido já não conseguia impor seu produtos às antigas colônias, mas

também devido ao sucesso do sistema ‘crossbar’ – tecnicamente ainda mais avançado e competitivo em termos comerciais.

O fracasso da experiência de Highgate Wood evidenciava que a tecnologia dos componentes eletrônicos ainda não permitia o desenvolvimento de um sistema totalmente eletrônico que fosse viável em futuro próximo. Deste modo, os principais atores envolvidos na matéria começaram a procurar soluções híbridas ou semi-eletrônicas, combinando chaves eletro-mecânicas ‘crossbar’ e ‘reed-relay’, por exemplo, com controles eletrônicos sobre as mesmas. Caminho semelhante fora adotado já havia algum tempo por empresas americanas e suecas, como veremos adiante. Assim, diversas foram as soluções pesquisadas. Algumas das empresas escolheram adaptar o sistema ‘crossbar’ para a rede britânica, o que levou à família dos equipamentos TXK1/ TXK2. Outras buscaram usar a chave ‘reed-relay’, combinando-a com controles eletrônicos já parcialmente desenvolvidos no projeto eletrônico fracassado: daí surgiu a família dos TXE3/ TXE4. Por sua vez, o departamento de pesquisa do BPO desenvolveu um sistema experimental com chave eletrônica ‘digital’, usando, para isso, as primeiras gerações de circuitos integrados, e testou-o na central chamada ‘Empress’ (bairro de Londres) em 1968 (Jones et al., 1979). Entretanto, para controlar a então revolucionária chave digital, o sistema experimental ainda usava os velhos controles eletrônicos ‘wired logic’ (lógica em circuitos) do sistema Strowger. Não por acaso, alguns engenheiros o chamavam de ‘Strowger digital’.

Entretanto, uma iniciativa conjunta foi bem sucedida e resultou na tecnologia de equipamentos de pequeno porte, os TXE-2, que combinavam, tal qual os TXE-3/ TXE-4, chaves ‘reed-relay’ com controle eletrônico rígido (wired logic). Todas as empresas do Anel produziram e venderam para o BPO equipamentos desse tipo.

O importante a ressaltar aqui é a diversidade de caminhos possíveis que estavam sendo pesquisados após o fracasso do Highgate Wood. Assim, em paralelo às pesquisas acima, duas das empresas desenvolviam também processadores em tempo real (computadores), pois consideravam que o controle sobre o sistema de telefonia seria o elemento mais importante para a criação de um futuro sistema eletrônico de telefonia, e

buscavam aplicar tais processadores nas chaves Strowger e 'crossbar'. A GEC desenvolvia o projeto 'Mark' e a Plessey o 'P250', ambos com ligações militares, pois também eram considerados projetos militares estratégicos (Molina, op.cit. p36).

No entanto, todas estas alternativas foram desenvolvidas num clima de fragmentação das pesquisas e de competição crescente entre as cinco empresas fabricantes, e isso resultou, em 1968, no fim do acordo de divisão eqüitativa do mercado britânico representado pelo BPO. Além disso, a nova situação, após o fracasso do Highgate Wood, contribuiu para alterar o número de empresas, que passaram de cinco para apenas três. A GEC comprou a AEI (ex-Ericsson Telephone Ltd.), e a Plessey, empresa que não pertencia ao 'Anel', comprou a ATE e a Siemens Brother. No fim dos anos 60, portanto, restaram apenas a GEC, a Plessey e a STC.

IV.2.b - História da telefonia sueca

No início deste século, a rede telefônica sueca era em larga medida gerenciada por uma agência governamental chamada 'Televerket'. Essa empresa estatal foi adquirindo pouco a pouco pequenas e grandes empresas privadas que operavam redes telefônicas manuais e locais, e se transformou, já nos anos 20, num monopólio de fato dos serviços de operação telefônica, embora não houvesse nenhum estatuto legal determinando isso (Molina, op.cit. p16).

A outra empresa, a Ericsson, é hoje em dia, primariamente, uma fabricante de equipamentos de telefonia, atividade que iniciou em 1878, quando Lars Magnus Ericsson produziu seu primeiro telefone, apenas dois anos após a invenção deste e a fundação da L M Ericsson (Meurling, 1985). Antes da 1ª Guerra Mundial a Ericsson também tinha subsidiárias oferecendo serviços telefônicos, principalmente na América Latina. Isto mudou após a guerra, e a partir dos anos 20 gradualmente a Ericsson se tornou basicamente uma empresa fabricante de equipamentos para as telecomunicações.

Portanto, uma característica marcante do setor de telefonia sueco, que chama a atenção quando comparada com o setor britânico, é a simplicidade institucional dos seus

atores principais: duas empresas, uma estatal e outra privada. Ambas, ao contrário do caso britânico, estavam basicamente voltadas para o setor de telefonia (Molina, op.cit. p16). No Reino Unido, como já foi mencionado, a rede britânica era gerenciada pelo departamento de telecomunicações do BPO, que adquiria seus equipamentos de cinco empresas privadas, que formavam juntamente com o BPO o grupo chamado “O Anel”. Além disso, algumas das companhias britânicas não se limitavam a fabricar apenas equipamentos de telefonia. A ‘General Electric Company’ (GEC), por exemplo, era uma vasta empresa de artigos elétricos variados, que possuía 13 departamentos, sendo um deles o de telecomunicações, que produzia equipamentos de telefonia.

A utilização de equipamentos automáticos de telefonia começou um pouco mais tarde na Suécia. A Ericsson e a Televerket iniciaram sua produção e implementação somente na década de 20, embora já realizassem pesquisas sobre tais sistemas desde a década anterior. Destes desenvolvimentos nasceu o sistema da Ericsson, chamado ‘500-Point Switch’ (chave de 500 pontos), que foi fabricado e comercializado por ambas as companhias, e posto em funcionamento em grandes cidades suecas como Estocolmo e Gotemburgo nos anos 20 (Molina, op.cit. p19). Em comparação, os primeiros sistemas Strowger foram instalados nos EUA em 1892, e no Reino Unido em 1913. O sistema sueco não era muito avançado tecnicamente e não foi bem sucedido comercialmente.

Entretanto, tecnologias mais avançadas para as chaves dos equipamentos de telefonia estavam sendo pesquisadas paralelamente. Em 1921, a Televerket iniciou o projeto de um novo sistema, com as chaves desenhadas na forma de ‘barras cruzadas’ (crossbar). Ela testou equipamentos com este sistema em duas cidades suecas em 1926 (Meurling, op.cit. p26). Porém, a nova tecnologia revelou-se muito cara ainda, se comparada com a do Strowger, que já estava relativamente bem desenvolvida, ou mesmo com a do sistema ‘500-Point Switch’ da Ericsson. A tecnologia do ‘crossbar’ foi momentaneamente abandonada, mas deixou lições valiosas para os cientistas suecos. Assim, nos anos 30, novas versões do sistema ‘crossbar’ foram desenvolvidas e utilizadas, agora com sucesso, para pequenos equipamentos de telefonia em áreas rurais da Suécia. O novo sistema começou então a mostrar suas vantagens, como explica Harris (1981). Um objetivo importante por trás da mudança das chaves Strowger para as

chaves ‘crossbar’ [e mais tarde, as chaves ‘reed-relay’] era a melhoria na performance dos serviços em termos de qualidade e confiabilidade de transmissão, e ao mesmo tempo a redução dos custos com mão de obra na produção e na manutenção dos equipamentos. No entanto, pelo fato do custo individual dos pontos cruzados do ‘crossbar’ ou ‘reed-relay’ ser maior, novas formas de agrupamento e controle eram usadas para manter baixo seu número e permitir, com isso, compensações nos custos em termos de, por exemplo, quantidades menores de cabos entre os blocos de chaves... Por sua vez, isto era consistente com a provisão de equipamentos de *controle comum* que eram usados para determinar e estabelecer rotas apropriadas através da rede de chaves, e associar a elas os dispositivos de supervisão adequados” (Harris, 1981, p189-190, a ênfase é minha).

É importante ter em mente que o sistema ‘crossbar’ possibilitava uma utilização mais flexível e avançada de equipamentos de ‘controle comum’, tanto sobre as chaves em si como nas diversas funções do sistema. Os dispositivos eletrônicos estavam sendo cada vez mais aprimorados e empregados nos equipamentos de *controle comum* do sistema ‘crossbar’ (e mais tarde do sistema ‘reed-relay’). O mesmo não podia ser feito com o sistema Strowger, pelo menos na mesma extensão e com a mesma flexibilidade. Portanto, “o que é crucial sublinhar aqui é que a mudança para a chave ‘crossbar’ simultaneamente conduziu para formas mais flexíveis de controle comum. E uma vez que equipamentos Strowger não permitiam a mesma flexibilidade, torna-se claro que, ao adotar este caminho, em 1946, o desenvolvimento da capacitação tecnológica sueca em telefonia tomou desde então um rumo completamente diferente do percorrido pelo Reino Unido, onde na mesma época o sistema ‘crossbar’ tinha sido rejeitado” (Molina, op.cit. p20). Em outras palavras, na Suécia a capacitação eletrônica se deu de modo gradual e mais integrado com o desenvolvimento do sistema ‘crossbar’, e não como um sistema alternativo ao Strowger, como ocorreu no Reino Unido.

Após a 2^a Guerra Mundial, as duas companhias suecas entraram firmemente no desenvolvimento e comercialização de sistemas ‘crossbar’ de telefonia. Já em 1946, elas aperfeiçoaram esta tecnologia, e equipamentos telefônicos foram instalados com sucesso na Finlândia. Em 1955, a Ericsson desenvolveu o ‘codebar’ – versão miniaturizada e de

maior capacidade da chave 'crossbar'. Por volta de 1975, o grupo Ericsson produzia anualmente 500 mil chaves do tipo 'crossbar' (Meurling, 1985). Ou seja, enquanto o sistema 'crossbar' se beneficiava consideravelmente com os avanços eletrônicos que eram implementados no controle do sistema e se tornava, portanto, qualitativamente mais avançado e comercialmente mais competitivo, o sistema Strowger, com suas limitações técnicas intrínsecas, entrava definitivamente em decadência como produto comercial no mercado internacional.

Ambas as empresas empregavam dispositivos eletrônicos nos sistemas de telefonia, porém suas linhas de pesquisas eram bastante diferentes (Molina, op.cit. p44). Nos anos 50, a Televerket trabalhava no projeto A-205E, que tentava "eletronificar" as estruturas das chaves 'crossbar' por meio da substituição dos marcadores e registradores eletromecânicos por seus correspondentes eletrônicos, e da adoção de um controle eletrônico do tipo 'wired logic' (ou 'SLIC') sobre aqueles dispositivos. Essa solução sem dúvida representava então um avanço, porém permitia um controle apenas limitado sobre as chaves e o sistema como um todo. A Ericsson, por seu turno, já tinha a atenção voltada para a chave eletrônica e trabalhava no sistema 'Electronic Multiplex Automatic Exchange' - EMAX (Equipamento Automático por Multiplexagem Eletrônica), que consistia numa tentativa de implementar técnicas de transmissão 'PAM-TDM' (com chaves eletrônicas) e, neste sentido, era bastante similar ao projeto pesquisado no Reino Unido no mesmo período.

A Televerket, porém, logo notou que sua solução eletrônica, centrada principalmente no controle não flexível 'wired logic', adotado pelo seu projeto A-205E, não prometia muito. E a Ericsson, por sua vez, através de um sistema experimental implementado em 1954, também encontrou dificuldades com seu sistema EMAX. Assim, seguindo a tendência de união de esforços, já em curso no Reino Unido, as duas empresas suecas se associaram e formaram, em 1956, o 'Conselho Eletrônico', com vistas a coordenar as pesquisas sobre telefonia eletrônica que estavam realizando. Este arranjo institucional levou as duas empresas a desenvolverem suas pesquisas de modo complementar. Por um lado, a Televerket começou a buscar técnicas de controle via processamento em tempo real (computador) e usando SPC - 'Storage Program Control'

(controle por programas armazenados), o que a levou ao projeto 'TEST I' e permitiu-lhe criar sua primeira versão de 'SPC' já no início dos anos 60.

A Ericsson, por outro lado, decidiu continuar as pesquisas sobre as chaves eletrônicas e aproveitou bem uma oportunidade histórica que lhe surgiu. Ela tinha realizado há pouco uma grande descoberta, que reanimava as esperanças nas técnicas PAM-TDM para as chaves eletrônicas: era o 'princípio de transferência por ressonância'. Logo a seguir, em 1959, a 'North Electric Company' (NEC), subsidiária da Ericsson em Ohio, nos Estados Unidos, foi escolhida para conduzir um projeto destinado à Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) (Meurling, op.cit. p29). Esta desejava um equipamento de telefonia totalmente eletrônico para fazer parte de um sistema tático de comunicações. A Ericsson enviou então à NEC um considerável contingente de pesquisadores para trabalhar nos aspectos de concepção do projeto, chamado 412L, enquanto a NEC se ocupava da produção propriamente dita do novo equipamento. O projeto 412L foi finalizado a contento, e o equipamento de telefonia foi entregue à USAF no início dos anos 60. O produto foi vendido até o final dos anos 60, o que prova o sucesso desse sistema.

Comparando esta experiência com aquela similar, mas fracassada, realizada em 1962 em Highgate Wood, Reino Unido, é importante assinalar as consideráveis diferenças entre os dois projetos. O equipamento demandado pela USAF era basicamente um sistema projetado por requisitos militares, portanto bastante diverso dos requisitos das grandes redes telefônicas públicas. No sistema 412L, que era pequeno – não mais que 200 linhas –, exigências rigorosas eram feitas com relação à segurança, rapidez e flexibilidade, mas não quanto ao custo. Assim, o sistema 412L era relativamente caro. Não por acaso, ele foi considerado de pouca relevância para servir como base no desenvolvimento dos grandes sistemas públicos de telefonia (Meurling, op.cit., 29).

Apesar disso, o projeto eletrônico da Ericsson foi muito importante, não somente devido a seu sucesso comercial, mas por ter fornecido aos suecos uma experiência valiosíssima, que seria aproveitada nos projetos subsequentes. Esta experiência sem

dúvida influenciou as decisões posteriores do Conselho de Eletrônica, onde as duas empresas intercambiavam suas experiências. Nesse conselho foram examinados, no início dos anos 60, os avanços e o potencial das diferentes linhas de pesquisas conduzidas até então.

O Conselho de Eletrônica chegou à conclusão crucial de que a tecnologia dos componentes eletrônicos não estava suficientemente madura para propiciar a criação de um sistema de chaveamento público que fosse comercialmente viável (Molina, *op.cit.* p47). Como já foi assinalado, os componentes eletrônicos utilizados até então – basicamente válvulas e transistores discretos – não estavam suficientemente avançados para realizar a função de chaveamento. É interessante observar que os cientistas e engenheiros britânicos chegaram, na mesma época, a essa mesma conclusão, mas com a diferença marcante de que os suecos chegaram a ela pela via do sucesso, construindo e vendendo para os americanos um pequeno sistema de telefonia militar.

O Conselho de Eletrônica considerou também, por um curto período, a possibilidade de utilização das chaves ‘reed-relay’, alternativa essa logo eliminada devido a seu custo elevado. Decidiu-se então continuar utilizando as chaves ‘crossbar’, que vinham sendo aprimoradas há várias décadas e, por isso mesmo, tinham um custo relativamente menor. Esta decisão crucial fez com que ambas as empresas concentrassem seus esforços de pesquisa em sistemas híbridos, que tentavam combinar chaves ‘crossbar’ com controles eletrônicos computadorizados e utilizavam programas armazenados (SPC). Em 1963, a Ericsson iniciou o projeto AKE-12, aproveitando a experiência inicial em ‘SPC’ da Televerket, e esta começou, um ano depois, a segunda geração de ‘SPC’ com o projeto A-210. Durante toda a década de 60 a Ericsson desenvolveu duas famílias de sistema ‘crossbar’, uma mais tradicional, os AREs, e a outra mais avançada, os AKEs, com controle ‘SPC’. A Televerket, por sua vez, desenvolveu o sistema A-210.

IV.2.c - História da telefonia brasileira

Até 1929, a rede telefônica do Brasil era formada por redes manuais e locais. Naquele ano – dois anos após se instalar no Rio de Janeiro, em 1927 –, a ‘Standard Electronic’, subsidiária da ITT no Brasil, iniciou a importação de equipamentos automáticos de telefonia (Medeiros, 1990, p184). Eram equipamentos fabricados na Bélgica pela ‘Bell Telephone Manufacturing’ – uma associada belga da ITT –, que utilizavam o sistema Strowger, do tipo 7A1. Entraram em funcionamento no Rio de Janeiro, então capital do Brasil, sendo operados pela ‘Companhia Telefônica Brasileira’ (CTB). A primeira central telefônica automática de prefixo 227 entrou em operação em Ipanema em 1930 (Cerqueira, 1996). Essa linha, que ainda hoje continua em funcionamento, tem 67 anos, e não por acaso provoca muitas dores de cabeças em seus usuários.

Durante a 2^a Guerra Mundial e por alguns anos posteriores, devido às dificuldades de importação de equipamentos inteiros, e mesmo de peças e componentes de aparelhos de comunicação em geral, iniciou-se um lento processo de fabricação no Brasil de aparelhos eletrônicos e de alguns de seus componentes (Moreira, 1953, p189). As válvulas, por exemplo, começaram a ser produzidas em 1946. A primeira fábrica de válvulas da América Latina foi estabelecida no Brasil pela SESA - Standard Eletrônica SA (ex-Standard Electronic) por iniciativa de um ex-empregado da ‘De Forest’, empresa fundada por De Forest, o inventor da válvula (Medeiros, 1990, p185).

No setor de telefonia, a mesma SESA começou a fabricar, em 1943, aparelhos de telefones e mesas telefônicas inter-urbanas (Lins de Barros, 1990, p236), e mais tarde equipamentos de telefonia com tecnologia Strowger, modelo 7A2, uma versão aprimorada do 7A1. Até 1957, foram instaladas no Brasil 24 centrais com o sistema Strowger, num total de 250 mil linhas (Medeiros, op.cit. p185). É válido lembrar que algumas destas centrais funcionam até hoje, a despeito de sua obsolescência, da deterioração provocada pelo tempo, e da baixa qualidade dos serviços (Cerqueira, op.cit.).

Em 1954, foi a vez da Ericsson se instalar em São José dos Campos, no estado de São Paulo, inicialmente com cerca de 100 empregados, e começar a produzir

equipamentos de chaveamento telefônico, mas com a tecnologia ‘crossbar’ que a Ericsson desenvolvia (Lins de Barros, 1990, p210). O primeiro equipamento ‘crossbar’ entrou em serviço em 1958, operado pela CBT de São Paulo (Capellaro, 1990, p34).

Um pouco mais tarde, a SESA resolveu competir no mercado de telefonia com tecnologia ‘crossbar’ e iniciou a fabricação do seu bem conhecido sistema, o ‘Pentaconta’. A primeira central Pentaconta entrou em operação no Rio de Janeiro, em 1961, operada pela antiga ‘Companhia Telefônica da Guanabara’ (CTG). Apenas para lembrar, isto ocorreu na mesma época em que os britânicos se recusavam a seguir o caminho oferecido pela tecnologia ‘crossbar’ e tentavam sem sucesso um sistema totalmente eletrônico. A SESA produziu e instalou, de 61 a 74, mais de 30% dos equipamentos de telefonia vendidos ao mercado brasileiro de telefonia pública (Medeiros, op.cit. p186).

Vendiam também ao mercado brasileiro de telefonia, embora com menor participação, as empresas ‘ATE-Plessey’ britânica, a ‘Siemens’ alemã com seu sistema ‘cross-point’, e a NEC japonesa com um sistema ‘crossbar’ (Lins de Barros, 1990).

Até o início dos anos 70, a quase totalidade dos equipamentos de telefonia eram, ou importados diretamente do exterior, ou “fabricados” no Brasil (na realidade ‘montados’) pelas multinacionais do setor de telecomunicações, através da importação do exterior de grande parte de suas peças, componentes e outros insumos básicos. Ou seja, até a década de 70 não existia genuinamente uma indústria ‘nacional’ de telecomunicações. Tudo era importado ou montado com a importação dos componentes pelas empresas estrangeiras – Ericsson, SESA, Siemens, ATE-Plessey, NEC, entre as principais.

Portanto, uma diferença básica da situação brasileira em relação à britânica e à sueca é que, além de não ter uma indústria nacional, o Brasil não realizava, até o início da década de 70, praticamente nenhuma pesquisa ou desenvolvimento no setor de telefonia. A tecnologia desta área era sempre trazida pronta e apenas adaptada às condições e características da rede telefônica brasileira.

Em relação à situação das operadoras telefônicas, até o início da década de 60 imperava a estagnação no desenvolvimento dos serviços telefônicos. Havia então mais de mil companhias telefônicas, envolvidas em uma ‘guerra de tarifas’ com o Governo (Medeiros, op.cit. p185). As companhias operadoras atuavam regionalmente, de modo isolado, exceto no eixo Rio-São Paulo, com padrões técnicos os mais diversos, métodos administrativos variados, e, na opinião de Wajnberg, “sob um regime de política tarifária aviltante, arbitrário e demagógico que não incentivava qualquer novo investimento” (Wajnberg, 1990, p49). Esta situação toda presumivelmente impedia que elas planejassem seriamente a ampliação da rede e a melhoria dos serviços oferecidos.

Na década de 60, o Governo tomou várias medidas políticas para tentar melhorar a rede telefônica. Entre elas, se encontram o estabelecimento do Código Nacional de Telecomunicações, para padronizar tecnicamente a rede nacional, a criação do Ministério das Comunicações, em 1962, e a fundação da Empresa Brasileira de Telecomunicações (Embratel), em 1963, para organizar o setor nacionalmente. Alguns anos depois se iniciou o processo de nacionalização da rede telefônica brasileira, concluído em 1972, com a fundação da Telebrás, a ‘holding’ estatal que passou a controlar as empresas operadoras regionais e a Embratel. Havia ainda uma lei federal que obrigava as empresas estrangeiras a contratar no mínimo 2/3 de empregados brasileiros em seus escritórios e fábricas (Silveira e Silva.1990). Isto induziu o surgimento de centros de formação de mão-de-obra especializada – técnica e superior – fundados pelas próprias empresas multinacionais.

A solução do Ministério das Comunicações para a ampliação da rede foi a compra maciça de equipamentos das multinacionais. Tecnicamente, a solução adotada não distinguia os diversos sistemas de telefonia. O Ministério das Comunicações encomendava o que era oferecido pelas empresas, aparentemente procurando apenas negociar melhores ofertas. Os primeiros sistemas automatizados de ligação interurbana foram instalados em 1971, permitindo então, pela primeira vez, discagens diretas interurbanas e internacionais (DDI e DDD). Nesse mesmo ano, foram produzidas e instaladas 450 mil linhas telefônicas novas. Fazia parte dos anos que ficaram conhecidos

como do ‘milagre brasileiro’, com inflação relativamente baixa e crescimento econômico acelerado, da ordem de 10% por ano, a despeito da intensa exploração da mão-de-obra barata e da forte repressão política estabelecida pelo regime militar, então sob comando do general Garrastazu Médici.

IV.3 - Características dos três sistemas digitais

De acordo com a perspectiva externalista, as distintas histórias da telefonia nos três países, descritas acima, tiveram influência decisiva na concepção dos projetos, na organização dos grupos que desenvolveram cada um deles, e nas características finais dos três sistemas digitais. Primeiro, porque elas constituíram as condições técnicas e sociais, gerais e específicas ‘pré-existentes’, sob as quais foram desenvolvidas as novas tecnologias. Segundo, porque elas revelam a ‘tradição’ do comportamentos dos agentes envolvidos nos processos anteriores de criação e utilização dos equipamentos de telefonia. Por exemplo, na Suécia, a Ericsson tinha uma tradição de atuação no mercado internacional, o que fazia com que a empresa estivesse acostumada a prestar atenção e a responder rapidamente às perturbações desse mercado e às novidades das tecnologias criadas no setor de telefonia. No caso britânico, por sua vez, as empresas do Anel estavam acostumadas, devido ao arranjo institucional, a que seus gastos com P&D fossem pagos pelo BPO. Isso teve influência nas negociações que entabularam mais tarde com o BPO no estabelecimento dos contratos do novo projeto, já que elas contabilizavam P&D como gasto e não como investimento. Em suma, o fator ‘histórico’ é importante porque permite visualizar a origem das condições sociais e técnicas – a bagagem histórica nas palavras de Molina – sobre as quais as novas tecnologias foram desenvolvidas.

Inverto aqui a ordem de apresentação e descrevo algumas das características principais das três tecnologias resultantes. Focalizarei, depois, gradualmente, os fatores técnicos e sociais responsáveis por essas características, relacionando-os também com outros fatores e suas influências recíprocas. À medida que se for aprofundando a análise, irei gradualmente comentando algumas das características dos três sistemas e, ao mesmo

tempo, analisando alguns tipos de enfoques 'externalistas' particulares, observando suas especificidades e os aspectos falhos mais evidentes.

Embora as três tecnologias – 'AXE-10', sueca; 'System X', britânica; e 'Trópico', brasileira – sejam totalmente eletrônicas e digitais, elas apresentam capacidade de interconexão com redes e centrais telefônicas analógicas. Mesmo apresentando diferenças, elas oferecem capacidades similares de qualidade e tipo de serviços. Entre estes, podemos citar o 'freephone', 'redes virtuais privadas' (centrex), diversos 'serviços automáticos', 'correio de voz', 'redes digitais de serviços integrados' (ISDN), etc. Os três sistemas apresentam altíssima confiabilidade e, de modo geral, funcionam de acordo com os padrões da CCITT, órgão de âmbito mundial que estabelece os padrões internacionais de telefonia; apresentam também capacidade total de gerenciamento de linhas e de tráfego telefônico bastante similares. As três tecnologias utilizam programas armazenados (software) para controlar as funções do sistema e oferecer serviços variados e flexíveis, de acordo com as necessidades das companhias telefônicas.

Em termos de software, as semelhanças também são grandes: os três sistemas têm arquitetura modular. Cada módulo de funções associadas funciona com seus próprios dados e, quando necessário, comunica-se com os outros através de 'sinais de programas' (AXE-10) ou 'passagem de mensagem' (System X), ou 'Vias de Sinalização' (Trópico). O importante a destacar é que a interdependência entre os módulos é mantida no mínimo, reduzindo-se com isso a complexidade dos programas aplicativos. Além disso, a estrutura de programação modular facilita correções e novas implementações, com maior flexibilidade e confiabilidade.

Em termos de capacidade de transferência de dados de ISDN, todas oferecem a razão básica de $2B + D$ e a razão primária de $30B + D$ por canal. Uma diferença importante é que o sistema 'AXE-10' foi planejado para oferecer também o padrão americano de canais de $23B + D$, cujo padrão é essencial para se comercializar equipamentos de telefonia nos EUA. Não seguindo tal padrão, o sistema 'Trópico'

somente desenvolveu essa capacidade em sua 2^a fase, completada em 1996, o que por sua vez é consistente com a pequena utilização de ISDN no Brasil.

As semelhanças, porém, terminam aí. A tecnologia sueca foi desenvolvida segundo um enfoque de ‘concepção global do sistema’, com o ‘hardware’ refletindo a estrutura do ‘software’. Assim, a linguagem do AXE-10, o PLEX (Programming Language for Exchanges) foi desenvolvida, desde seu início, em conjunto com a arquitetura do processador. A Ericsson reivindica possuir a maior biblioteca de programas para aplicações em telefonia, o que é consistente com sua enorme presença no mercado mundial. Além disso, o ‘AXE-10’ segue o padrão LSSGR (Local Switching Systems General Requirement) utilizado nos EUA, enquanto nem o ‘System X’, nem o ‘Trópico’ foram projetados para funcionar com esse padrão, o que também é consistente com a pequena ou nenhuma presença destas tecnologias no mercado internacional.

Como já foi mencionado na introdução, a maior diferença entre os três sistemas se encontra no processador da central. O sistema sueco utiliza uma arquitetura em dois níveis, com um processador central para tarefas pouco frequentes e mais complexas, e vários processadores secundários para tarefas simples e repetitivas. O ‘AXE-10’ foi projetado com três tipos diferentes de processadores, dependendo da capacidade requerida por uma aplicação específica. O processador APZ 212 era o maior disponível até o final dos anos 90, com capacidade máxima de 800 mil BHCA (Molina. op.cit.). Sua capacidade foi ampliada nos anos 90, chegando a 1,5 milhões BHCA (‘Dittberner Associates, Inc.’, 1995).

Por outro lado, o ‘System X’ tem um processador central que utiliza uma arquitetura de processamento em paralelo (multiprocessamento), com vários ‘clusters’ (agrupamentos), em cada um dos quais funcionam outros tantos processadores. Por causa destes agrupamentos, o processador é chamado de ‘multiprocessador em agrupamentos’ (cluster multiprocessor). O multiprocessador do ‘System X’ é formado, na sua maior configuração, por 4 agrupamentos contendo 4 processadores cada um, totalizando 16 processadores. Cada agrupamento conta com a capacidade de 250 mil BHCA, somando 1 milhão BHCA (Molina, 1990). Essa arquitetura possibilita até 8

agrupamentos, o que totalizaria uma capacidade de até 2 milhões BHCA ('Dittberner Associates, Inc.', 1995).

Tabela 3 Características Técnicas Gerais das Três Centrais Telefônicas

	System X	AXE-10	Trópico*
Processador	Central	Central (parcialmente distribuído)	Totalmente distribuído
Sistema operacional (linguagem)	POPUS (BT Coral)	PLEX (PLEX)	SO Trópico (CHILL)
Nº de linhas (máximo)	100 mil	80 mil	100 mil
Capacidade de tráfego em Erlangs (mil) em BHCA (mil)	25 450 a 1500	25 450 a 1500	12,6 680 a 1088

Fonte: 'Dittberner Associates, Inc.', 1995.

* Telebrás, 1996

Em contraste com o sistema britânico, o 'Trópico' utiliza uma arquitetura de processamento descentralizado e totalmente distribuído por meio de dezenas de 'microprocessadores' comuns da Intel (8088, 80386, etc), em que cada módulo contém seu próprio processador, gerencia seus próprios dados e controla até 192 terminais de assinantes (linhas). Dessa maneira, a capacidade da central cresce quase que linearmente com o aumento dos módulos, resultando disso um sistema extremamente modular. Com

esse tipo de arquitetura, o sistema 'Trópico' atinge a capacidade de 680 até 1088 mil BHCA (Telebrás, 1996).

Os três sistemas funcionam com grande variedade de sinais. No entanto, o sistema sueco embanja possivelmente a maior base acumulada de tipos de sinais – em torno de 500 –, com características das redes telefônicas de quase todo o mundo, incluindo os EUA, Reino Unido e Brasil (Molina, op.cit.).

Quanto à confiabilidade, ela é extremamente alta nos três sistemas, todos com uma capacidade de funcionamento que determina menos de 2 horas de falha (downtime) em 40 anos, padrão recomendado pela CCITT. Na Tabela 3 são mostradas algumas das características mais gerais das três tecnologias.

Na Tabela 4 são mostrados alguns dados relevantes do desenvolvimento de alguns dos principais sistemas digitais de telefonia. Os dados não são precisos, embora venham de fontes seguras, mas mesmo assim eles fornecem ao leitor uma boa noção das diferenças entre os sistemas.

Tabela 4 Características do Desenvolvimento de Alguns Sistemas Digitais¹

Sistema (país de origem)	AXE-10 (Suécia)	System X (R.Unido)	Trópico (Brasil)	EWSD (Aleman.)	5ESS (EUA)	DMS (Canadá)
Tempo (ISDN incluído)	72-86	74 ² -86	80-96 ³	78-86	78-86	-86
Gastos em desenvolvimento (bilhões de dólares)	~ 1,3	1,2	0,4 ⁴	< 1	~ 1,5	> 1
Nº de linhas instaladas até 1995⁶ (milhões)	78,9	23,8	~ 1,5 ⁵	81,7	90,6	93,5
Total de pessoas que trabalhavam	5000	~ 1500 ⁷	~ 350 ⁵	4000	3000	2000

Fonte: 'Dittberner Associates, Inc.', 1987.

¹ O número de linhas instaladas se refere também a outros sistemas comercializados pelas

² Data do nascimento oficial do grupo de desenvolvimento 'System X' (Molina, 1990).

³ Data do término da 2ª fase do Trópico RA com implementação de 'ISDN' (CPqD)

⁴ Cerqueira Leite (1993, p191).

⁵ Telebrás, 1996.

⁶ 'Dittberner Associates, Inc.', 1995

⁷ Harris (1978, p15) (número de engenheiros que trabalhavam no projeto em 1977-78)

IV.4 - O avanço científico e técnico

O progresso da ciência na área de telefonia *determinou* a emergência de novas possibilidades de soluções técnicas para a construção de um sistema de telefonia totalmente eletrônico e digital, que possibilitassem novos tipos de serviços, além de conferir maior confiabilidade e qualidade aos serviços convencionais. Essa maneira de conceber o avanço científico e técnico é tipicamente ‘externalista’.

Esse progresso foi relativamente rápido. A idéia de serviços telefônicos que empregassem soluções eletrônicas já tinha surgido durante a 2^a Guerra Mundial, porém a tecnologia dos componentes eletrônicos, que permitiria a concretização desse avanço científico, não acompanhou esse ritmo veloz. Assim, as novas soluções na área de telefonia foram na realidade desenvolvidas lentamente, dependendo em larga medida dos avanços técnicos igualmente lentos na produção de componentes eletrônicos cada vez menores, mais integrados, confiáveis e baratos.

Devido, talvez, a esse descompasso entre os avanços científico e técnico, durante certo tempo, principalmente nas décadas de 50 e 60, diversas visões futurísticas de novos serviços (fax, videofone, redes virtuais, teleconferências) dominaram os temas de ficção científica, em que esses e outros tipos de serviços eletrônicos mostravam as virtudes dos aparelhos com tecnologia totalmente eletrônica. Embora muitos dos aparelhos idealizados fossem meras ficções, a discussão sobre eles nos meios culturais contribuiu para a visão de que o progresso eletrônico era inevitável e que, cedo ou tarde, ele chegaria ao sistema de telecomunicação.

À medida que a tecnologia de integração dos componentes eletrônicos evoluía e seus preços diminuía, a possibilidade de um sistema eletrônico de telefonia começou a se vislumbrar como economicamente viável, em particular a partir da década de 70, embora ainda persistisse a incerteza quanto ao ritmo e potencial da indústria eletrônica. Foi somente no final da década de 60 que a associação das técnicas digitais, PCM e TDM – ‘pulse code modulation’/ ‘time division multiplexing’ (modulação por código de pulso e multiplexação por divisão de tempo) –, passou a ser de fato uma solução viável

para integrar as funções de chaveamento e de transmissão nos sistemas eletrônicos – ou seja, digitais – de telefonia.

De acordo com a perspectiva ‘externalista’, um dos tipos de enfoque passíveis de utilização é o que se apóia, de alguma forma, na idéia de difusão das técnicas e/ou do conhecimento científico em determinada área, como, por exemplo, o enfoque de Hounshell, que procura focalizar o processo de difusão dos métodos de produção de massa (ver Capítulo II). A análise do processo de difusão das novas soluções científicas e técnicas do setor de telefonia é relevante, particularmente no caso brasileiro, já que não havia aqui nenhuma experiência acumulada na criação de equipamentos telefônicos. A utilização de um enfoque que saliente em primeiro plano o aspecto da difusão do conhecimento da área poderia servir como ponto de partida para o exame do modo como esse conhecimento chegou ao Brasil. Pudemos identificar, por exemplo, que ele chegou através de empregados das empresas multinacionais instaladas no Brasil, e dos estudantes de pós-graduação que se especializavam em universidades estrangeiras com o auxílio de bolsas de pesquisas de agências governamentais de apoio à pesquisa, como a Capes e o CNPq. Esse processo ajuda a entender o início da capacitação científica e tecnológica do Brasil no setor de telefonia. Uma análise desse tipo poderia examinar então as condições políticas e econômicas que contribuíram, em maior ou menor grau, para a difusão da telefonia digital.

Numa linha de análise similar, há ainda enfoques que ressaltam a difusão da indústria microeletrônica e de seus componentes e produtos. Por exemplo, Antonelli (1991), já citado no Capítulo I, faz uso da idéia de que a difusão da microeletrônica segue quase sempre os seguintes passos:

1. importação direta dos produtos;
2. capacitação para adaptar os produtos;
3. capacitação para aprimorar e desenvolver partes dos produtos;
4. criação de capacitação própria em P&D para gerar novos produtos;

Antonelli apresenta uma discussão crítica sobre como a ‘difusão’ é levada em consideração em vários trabalhos. Em poucas palavras: o autor considera o processo de

difusão como sendo moldado pelo mercado, políticas governamentais, estruturas educacionais e condições sociais específicas dos países. Nesse sentido, o modelo considera a difusão como um processo moldado socialmente.

Para a presente discussão, o importante a perceber é o seguinte: a principal fragilidade de um enfoque centrado na idéia da difusão é que ele não leva devidamente em conta a *iniciativa* e a *decisão* dos agentes em relação à difusão ou não de certas tecnologias, e muito menos em relação a sua criação. Tudo se passa como se a tecnologia, uma vez “criada” (não se sabe como), passasse então a ser simplesmente “difundida”, quando, na realidade, o processo é muito mais complexo. Embora os fatores sociais sejam realmente considerados, eles são apresentados como aceleradores ou refreadores que apenas controlam a velocidade do processo de difusão, visto como inevitável. Sintoma claro dessa visão são as complexas fórmulas matemáticas usadas para modelar o processo de difusão da microeletrônica nos diversos países (Antonelli, op.cit.). Além disso, a própria concepção da difusão tecnológica através de ‘estágios lineares’, como apresentada acima, deixa escapar de forma inequívoca a idéia de que o progresso da ciência e da tecnologia teria uma lógica interna própria. É como se, para explicar o desenvolvimento das tecnologias digitais de telefonia, o pesquisador devesse levar em conta o processo de influências sociais e técnicas recíprocas, porém, para explicar o progresso da ciência da telefonia em si ou dos componentes eletrônicos, a análise tivesse de ser feita de outra maneira.

IV.5 - O fator ‘tecnologia existente’

Nesta análise, o fator ‘tecnologia existente’ diz respeito aos equipamentos produzidos e utilizados nas redes telefônicas dos três países e àqueles conhecimentos técnicos (adquiridos durante seu desenvolvimento) que tiveram, de algum modo, influência no projeto dos novos sistemas. Além disso, esse fator descreve as particularidades específicas da tecnologia dos sistemas de telefonia que a diferenciam substancialmente das outras.

Os equipamentos telefônicos têm duas características muito específicas em relação a outras tecnologias: precisam funcionar em tempo contínuo e os equipamentos que vão sendo instalados na rede telefônica têm de ser compatíveis com aqueles que já estão instalados (Hills, 1984, p77).

A rede telefônica é uma construção gradual, que evolui com a população das cidades e regiões. A operadora telefônica vai pouco a pouco expandindo sua rede de modo a atender às demandas residencial, comercial e pública por novas linhas e serviços. Assim, os avanços tecnológicos não podem tornar os novos equipamento incompatíveis com aqueles já instalados na rede, ou seja, os equipamentos mais avançados devem ser necessariamente compatíveis com os antigos. Descartá-los e substituí-los por novos não se apresenta como opção viável para nenhuma rede: seu custo seria proibitivo.

A segunda particularidade é que, ao contrário dos computadores e de outros aparelhos eletrônicos, o sistema de telefonia como um todo não pode ser interrompido para manutenção ou revisão, ou seja, seu funcionamento tem que ser contínuo e com o mínimo de falhas, num nível de exigência que não encontra paralelo com outros aparelhos computadorizados, uma vez que os assinantes esperam utilizar sua linha telefônica a qualquer hora do dia. Assim, a confiabilidade do sistema de telefonia é normalmente projetada para alcançar índices elevados. Os sistemas 'AXE-10' e 'System X' foram projetados com processadores 'duplicados', de modo a evitar a queda do sistema caso o processador principal tenha algum problema. O sistema 'Trópico', desenvolvido um pouco mais tarde, adotou outro tipo de solução técnica, o 'controle totalmente distribuído', como veremos adiante, que, de maneira diferente, também garante alta confiabilidade ao sistema.

A idéia de processamento centralizado – no qual o processador deveria gerenciar de forma centralizada o funcionamento das chaves e demais funções telefônicas –, alcançara por esta época (meados dos anos 70) uma espécie de consenso. Na verdade, viu-se mais tarde que isso não era necessário. A solução de processamento descentralizado ou distribuído foi levada em consideração somente quando a

disponibilidade de microprocessadores pequenos e baratos se tornou realidade, no final dos anos 70, período em que os projetos sueco e britânico já estavam bem avançados e o brasileiro ainda dava seus primeiros passos. Esse tipo de descrição do desenvolvimento das soluções para o processador é, novamente, típico da perspectiva ‘externalista’, pois os acontecimentos se desenrolam como se tudo já estivesse pré-programado no caminho do processamento descentralizado e distribuído.

De qualquer modo, a necessidade de compatibilidade dos equipamentos telefônicos, os novos com os velhos, apresenta uma consequência muito importante: ela exige estreita integração das pesquisas desenvolvidas pelas empresas fabricantes com o trabalho de instalação e implementação prática realizado pelas companhias telefônicas (Molina, op.cit. p1).

IV.5.a - As técnicas no Reino Unido

O principal sistema utilizado no Reino Unido era o Strowger. Embora fosse obsoleto, isto é, mais atrasado em relação aos sistemas ‘crossbar’ (barras cruzadas) e ‘reed-relay’, ele teve influência crucial na concepção do projeto britânico. O sistema Strowger era intrinsecamente modular, característica essa muito positiva. Nas palavras do cientista britânico Roy Harris, “Strowger é um sistema altamente modular que apresenta sub-sistemas funcionais com interfaces entre eles muito bem definidas. A utilização de chaves independentes [...], cada uma delas responsável por apenas uma chamada telefônica e associada intimamente ao seu dispositivo de controle, restringia as consequências das falhas e permitia o uso de práticas simples de manutenção” (Harris, 1981, p189). Desse modo, a propriedade mais importante dos novos sistemas talvez não fosse a de serem eletrônicos e digitais, mas a de serem projetados em módulos com interfaces padronizadas, de tal forma que o sistema como um todo pudesse evoluir continuamente com o avanço das técnicas e dos componentes eletrônicos, o que foi chamado por Harris de ‘potencial evolutivo’. A inclusão de novos módulos ou seu aprimoramento posterior poderiam ser realizados de maneira independente dos outros módulos, tornando o sistema à ‘prova do futuro’.

Para melhorar o controle das funções do sistema Strowger foram empregadas as técnicas eletrônicas de controle rígido (wired logic), desenvolvidas no fracassado projeto eletrônico de Highgate Wood. Essas técnicas foram, posteriormente, aperfeiçoadas para serem empregadas no sistema 'reed-relay'. Embora fosse depois abandonado em favor das técnicas de controle flexível (SPC), o controle rígido 'wired logic' funcionava com a técnica de multiprocessamento, a qual influenciou decisivamente a solução adotada para a construção do processador do 'System X'.

A chave digital, por sua vez, foi testada pela primeira vez em 'Empress', em 1968, e em 'Moorgate', em 1970 (Jones et al., 1979), evidenciando com seu sucesso a possibilidade concreta de uma central telefônica funcionar com chaves eletrônicas e digitais. Em contraste com esta realização pioneira, o Reino Unido estava muito atrasado na área de 'controle flexível por meio de programas armazenados' (SPC). O primeiro sistema de controle com 'SPC' foi desenvolvido apenas em 1976, em Pathfinder (Smith & Park, 1976). Em função desse atraso, quando se precisou de um sistema operacional para o sistema 'SPC' do 'System X', utilizou-se o único disponível no Reino Unido, o sistema operacional usado até então para fins militares, denominado 'Coral'. A partir deste foi desenvolvido o 'PO Coral', atualmente chamado de 'BT Coral' (Coral da 'British Telecom').

IV.5.b - As técnicas na Suécia

Na Suécia, o sistema mais utilizado era o de barras cruzadas (crossbar) com controle eletrônico por meio de programação flexível (SPC), que permitia explorar técnicas avançadas de controle comum, como já foi dito. Ao contrário do caso britânico, os cientistas suecos tinham grande experiência de sistemas com controle eletrônico flexível (SPC), tendo já desenvolvido a segunda geração de 'SPC' antes de iniciar o projeto do novo sistema.

Os processadores desenvolvidos anteriormente pela Ericsson e Televerket exerceram forte influência no tipo de processador que o projeto iria desenvolver. As duas empresas tiveram problemas sérios com as técnicas de multiprocessamento.

Tecnicamente, ainda não era fácil usar e extrair benefícios efetivos dessas técnicas. Elas não funcionavam como esperado, eram caras e a vantagem de sua utilização só era evidente nos casos de equipamentos de grande porte, que representam apenas uma pequena fração do mercado de telefonia. Por esses motivos, o projeto do novo sistema estabelecia claramente um processador central “convencional” de grande capacidade, combinado com uma série de pequenos ‘processadores regionais’ para as funções telefônicas mais frequentes.

A experiência acumulada com os sistemas ‘SPC’, criados anteriormente, foi também responsável pela escolha da linguagem para o novo sistema. O sistema operacional e a linguagem de programação foram projetados de forma que o processador fosse complementar a esta, e definido, desde o início, pelas funções específicas de sistemas telefônicos, isto é, a linguagem foi criada especialmente para as funções de telefonia. Assim, a arquitetura do ‘hardware’, com seu processador central e vários periféricos, foi projetada de maneira a se ajustar à estrutura do ‘software’. A linguagem PLEX – ‘programming language for exchange’ (linguagem de programação para equipamentos de telefonia) – foi tão bem sucedida que, posteriormente, veio a ser adotada com certas modificações como linguagem padrão da CCITT e, atualmente, é largamente empregada em redes telefônicas do mundo inteiro (Meurling. op.cit.).

A tecnologia do sistema ‘crossbar’ permitia, como já foi mencionado, maior flexibilidade de utilização de controle eletrônico. Não havia, portanto, uma oposição entre o desenvolvimento da tecnologia ‘crossbar’ e o da eletrônica, como se dera no Reino Unido, até o início da década de 60, entre a tecnologia Strowger e a eletrônica. Na Suécia, as duas áreas de pesquisa, eletromecânica e eletrônica, evoluíram com maior proximidade e de forma mais integrada.

IV.5.c - As técnicas no Brasil

Funcionavam no Brasil diversos sistemas de telefonia – Strowger, barras cruzadas, pontos cruzados –, porém todos eles, como já foi descrito, ou eram diretamente importados, ou fabricados no Brasil, mas com importação parcial ou total

de suas peças. Nenhum deles fora desenvolvido aqui, de modo que a experiência no setor se originava do trabalho de adaptação e manutenção dos sistemas estrangeiros, e de cursos de aperfeiçoamento da mão-de-obra ou de estudantes no exterior.

Em suma, não havia nenhuma experiência prévia com projetos de sistemas eletromecânicos ou híbridos. Assim, tais sistemas tiveram pouca influência no projeto do sistema digital. No Brasil, os estudos sobre os sistemas criados nos países desenvolvidos representaram a principal fonte de recursos científicos. As novas idéias da área de telefonia eram examinadas em termos das características gerais mais adequadas para um novo sistema, como ‘modularidade’, conceito integrado de ‘sinalização, transmissão e chaveamento’, com a utilização de ‘técnicas PCM/ TDM’, controle flexível por ‘programa armazenado’ (SPC), ‘processamento em tempo real’ com ‘controle distribuído’, etc. Ou seja, as soluções mais gerais que surgiam como consenso nos congressos e publicações da área de telefonia se difundiam rapidamente pelo mundo inteiro nos meios acadêmicos, determinando as escolhas efetuadas pelo sistema brasileiro. É importante salientar que isto tinha pelo menos um aspecto positivo: soluções técnicas que tivessem se mostrado inadequadas ou caras podiam ser evitadas no Brasil. Exemplo disso foi a arquitetura totalmente distribuída do processador do sistema brasileiro, solução que evitava o trabalho complexo e extremamente caro de criação de um processador central de grande porte.

IV.6 - Fatores sociais

Embora este termo, ‘fator social’, possa indicar, de modo geral, tanto os fatores sociais, como os econômicos, os políticos e os culturais, aqui o utilizo para me referir em particular à demanda social por telefones. A difusão do uso do telefone, desde as primeiras décadas do século, transformou-o numa necessidade social que já faz parte da cultura contemporânea. Atualmente, o telefone é uma necessidade básica nas interações sociais diárias, tanto no trabalho como fora dele. Esta necessidade se tornou patente, ao longo dos anos, pela demanda sempre crescente por novas linhas telefônicas e pela exigência cada vez maior de qualidade nos serviços prestados. A Tabela 2 da introdução desta 2ª Parte da tese permite visualizar o crescimento recente dessa demanda.

No Reino Unido, na virada da década de 60 havia meio milhão de britânicos em lista de espera por novas linhas. O BPO não conseguia atender a essa demanda. Como as linhas mais rentáveis eram aquelas que se encontravam em áreas comerciais, o BPO, por dificuldades de caixa, preferia atender primeiro a essas áreas e diminuir o ritmo de expansão da rede nas áreas residenciais, agravando ainda mais o problema da lista de espera. Para se ter uma idéia, o crescimento da demanda no início do anos 60 alcançou 12% ao ano (Hills, *op.cit.*, p116). Este problema, conjuntamente com outros ligados à falta de autonomia administrativa do BPO, transformou a questão da expansão da rede telefônica em assunto de debate público e tema eleitoral (*op.cit.*, p115).

Na Suécia, por outro lado, onde o mercado era bem menor, a estatal Televerket conseguia atender melhor e mais rapidamente aos anseios da população por novas linhas e serviços. Alguns problemas ocorriam, no entanto, nas áreas rurais menos densas em termos populacionais, em que a relação custo-benefício era menor. A estatal sueca se esquivava de expandir a rede telefônica até essas áreas.

Também no Brasil era crescente a demanda por novas linhas. O que chama atenção, porém, é o fato de que ainda não tinha sido atendida a demanda dos serviços básicos à população. tanto residencial quanto comercial. A infraestrutura básica de telecomunicações estava ainda a caminho de ser construída. Esta infraestrutura precária – característica, aliás, de muitos países do terceiro mundo – prejudicava as atividades econômicas em geral. Como resultado, muitos desses países estão, atualmente, entrando na era digital e celular sem nunca ter passado pelos estágios anteriores, tentando suprir a demanda simples e básica com os sistemas digitais e celulares mais avançados (ver Relatório do ITU, 1995).

IV.7 - Fatores econômicos

Os sistemas eletromecânicos, e mesmo os híbridos, estavam se tornando obsoletos: tinham capacidade limitada de gerenciamento de linhas telefônicas. apresentavam serviços relativamente deficientes em termos de rapidez e qualidade, sua

manutenção era cara devido aos custos excessivos com a mão de obra e, em particular, não eram capazes de fornecer serviços mais avançados e flexíveis. Aqui já estamos examinando o lado econômico das tecnologias mais antigas. Tais ponderações fazem sentido, claro está, porque tais tecnologias funcionam dentro de uma economia capitalista, em que as empresas com frequência competem entre si e, quando isto ocorre, a dinâmica do mercado as obriga a melhorar seus produtos ou, caso não consigam fazê-lo, a se arriscarem a perder sua fatia no mercado. Este é um fator comum nos três países, porém possui repercussões radicalmente diferentes em cada um deles em função das particularidades do sistema econômico e do setor de telefonia. As empresas da Suécia e Reino Unido participavam do mercado local e mundial e precisavam de novos sistemas de telefonia para substituir as antigas tecnologias, isto é, necessitavam de novos produtos para comercializar e exportar e, assim, poder competir em melhor posição com as empresas rivais, como a Alcatel, ITT, Nortel, etc. Estas já desenvolviam novos sistemas que se mostravam mais avançados e competitivos do que os do Reino Unido e Suécia. No Brasil, por sua vez, não havia empresas brasileiras que fabricassem equipamentos de telefonia. O mercado brasileiro estava integralmente nas mãos das empresas multinacionais, e era uma arena de competição entre elas.

Outro aspecto importante é que o alto custo econômico do desenvolvimento de sistemas mais avançados exigia forte concentração dos esforços, de modo a não desperdiçá-los com desenvolvimentos paralelos. Essa concentração se referia tanto à área científica como à econômica e exigia uma política para o setor que viabilizasse a integração das iniciativas.

IV.7.a - Na Suécia

A Suécia já era, no início do século, um país relativamente industrializado, com forte participação do Estado na economia e com tradição política operária e social-democrata marcante. Havia relativa estabilidade econômica e política no país. No setor de telefonia, uma característica que chamava a atenção, ao lado da estabilidade, era a simplicidade institucional, como já foi assinalado, pois havia apenas uma empresa

estatal – a Televerket, que administrava a rede sueca – e uma empresa privada – a Ericsson.

Ao contrário, porém, da situação confortável das empresas britânicas na metade do século, a Ericsson sempre viveu uma condição muito peculiar, uma vez que não contava, nem nunca contou, com um mercado interno expressivo. Primeiro, porque a população da Suécia sempre foi relativamente pequena – menos de 9 milhões atualmente, em comparação com os quase 68 milhões do Reino Unido. Este fato tornava, por outro lado, mais fácil para a outra empresa, a Televerket, conduzir uma administração eficiente da rede telefônica sueca. E, de fato, esta ultrapassou um milhão de linhas telefônicas já em 1942, para uma população que alcançava então 6,4 milhões de habitantes. No início dos anos 70, este número subiu para 4 milhões de linhas numa rede telefônica já então totalmente automatizada (Molina, 1990).

Segundo, porque o já exíguo mercado sueco foi sempre suprido basicamente pela estatal Televerket. Essa situação obrigou a Ericsson a ser uma companhia orientada para o mercado internacional, com vistas a encontrar não apenas mercados para vender seus produtos, mas também subsidiárias para a produção de equipamentos, e ainda locais para desenvolver P&D, que a Ericsson mantinha em diversos países (Meurling, 1985). Essa situação peculiar tornou a empresa muito sensível à competição e às tecnologias que vinham sendo desenvolvidas fora da Suécia, especialmente nos EUA. Como resultado de tudo isso, ela pôde acumular durante dezenas de anos valiosíssima experiência no mercado internacional de telefonia.

Em função do seu reduzido tamanho, porém, o mercado sueco tendia com o passar dos anos a tornar-se insuficiente para sustentar empresas que precisavam despender cada vez maiores somas em P&D para manter atualizados os sistemas que comercializavam (Molina, *op.cit.*). Esse foi, sem dúvida, um dos fatores que mais aproximou as duas empresas e contribuiu para que elas cooperassem na construção do novo sistema, quando os sistemas híbridos ‘crossbar’ começaram a perder seu mercado. Esses sistemas tinham feito sucesso no mercado mundial de telefonia nos anos 60, varrendo dele os sistemas mais antigos. Porém, no início dos anos 70, uma nova

tecnologia, a dos sistemas híbridos com chaves ‘reed-relay’, começou a se difundir com rapidez, ameaçando a posição dos fabricantes dos sistemas ‘crossbar’ no mercado mundial. Em particular, o sistema ‘Metaconta’, da empresa americana ITT, começou a ganhar concorrências públicas importantes que os sistemas ‘crossbar’ da Ericsson não costumavam perder. Exemplo disso ocorreu na Austrália em 1969 (Meurling, 1985, p34). Em suma, o mercado sinalizava para a Ericsson que já era o momento dela começar a planejar o futuro substituto do seus sistemas ‘crossbar’.

Na Suécia, as duas empresas dividiam o mercado da seguinte forma: a Televerk vendia para o mercado interno, e a Ericson, para o externo. Nos anos 20 a participação da Ericsson no mercado sueco era de um terço (Meurling, 1985), em 1978 esta participação diminuiu para 18% (Hills, 1984). Assim o conflito de interesses entre elas sobre o novo sistema, por exemplo, não era substancial, isto é, elas não competiam pelo mesmo mercado. Isso contribuiu para que a cooperação científica fosse de fato efetiva e veio a refletir-se na concepção do projeto.

Portanto, podemos concluir (empregando a perspectiva ‘externalista’) que o desenvolvimento do sistema ‘AXE-10’ foi resultado dessa situação particular em que as duas empresas se associaram e planejaram a nova tecnologia fortemente condicionadas pelo mercado internacional. Assim, as características da nova tecnologia, como a arquitetura de ‘hardware’ refletindo a de ‘software’ numa ‘concepção global’ do sistema, foram *determinadas* pela necessidade de que o novo sistema tivesse maior facilidade de adaptação e implementação comercial nas diversas redes que a Ericsson atendia.

Faz-se necessária aqui uma observação. Pelos dados descritos acima pode-se afirmar que enfoques que enfatizam os fatores econômicos, baseados no impulso da demanda ou da estrutura do mercado, por exemplo, seriam especialmente adequados ao exame do caso sueco. A partir dessa dinâmica inicial, uma análise desse tipo poderia examinar o papel dos demais fatores técnicos e sociais, alguns deles já aqui mencionados.

IV.7.b - No Reino Unido

Em contraste com a da Suécia, a situação britânica era de relativa instabilidade econômica. O Reino Unido, país fortemente industrializado desde o século passado, dispunha de extenso mercado colonial, o Império Britânico, que entrou gradativamente em declínio, principalmente após a 2ª Guerra Mundial, com as guerras de libertação das colônias. Esse declínio era especialmente visível no setor de telefonia. No final da década de 50, as cinco empresas britânicas que fabricavam equipamentos Strowger abocanhavam nada menos que 25% do mercado mundial de centrais telefônicas, formado em grande parte pelas colônias ou ex-colônias e pela Comunidade do Commonwealth. Até o final da década de 70, as empresas britânicas já tinham perdido quase que inteiramente esse mercado. Primeiro, porque não dispunham de um substituto do sistema Strowger para oferecer a seus clientes no exterior e, segundo, porque não conseguiam mais impor seus equipamentos na base da diplomacia da força do antigo Império Britânico.

A situação de crise no setor de telefonia propiciou o fim do oligopólio das empresas fabricantes – o Anel – e levou, na década de 60, a um período de competição aberta entre elas. A principal consequência negativa dessa situação competitiva se fez notar na área científica, uma vez que ela prejudicava consideravelmente a cooperação científica das empresas em torno do novo projeto.

Novamente em contraste com a situação sueca, o mercado interno britânico não é desprezível. Como já foi mencionado, a população do país chega, atualmente, a quase 68 milhões. Assim, seu mercado de telefonia era até recentemente o terceiro do mundo, só perdendo tal posição para a Alemanha após a reunificação desta, em 1989. Assim, a situação das empresas britânicas, mesmo sendo difícil por causa da perda do mercado externo, não era inteiramente crítica, uma vez que o mercado britânico assegurava-lhes a continuidade de seus negócios.

A situação financeira do departamento de telecomunicações do BPO poderia ser caracterizada como permanentemente crítica. Ao contrário da estatal sueca Televerket, e

mesmo em comparação com a Telebrás, o BPO não tinha autonomia administrativa, pois era organizado como um departamento de Governo, sujeito ao controle rigoroso do Ministério da Fazenda (the Treasury). Além disso, o lucro obtido pelo BPO era fonte legal de receita para o Governo, e só parte dele retornava depois ao BPO. Assim, as frequentes trocas de subsídios entre seus vários sub-departamentos eram utilizadas para fechar o balanço do BPO como um todo. Como já foi dito, essa organização não gerenciava apenas a rede telefônica, mas também os serviços de correios e diversos outros menores. Em suma, o BPO era uma organização sujeita a sérias limitações orçamentárias, e a influências políticas diversas por parte dos governos e, em consequência, seu departamento de telecomunicações apresentava capacidade limitada para planejar a médio e longo prazo a expansão da rede telefônica britânica. Não por acaso havia uma longa lista de espera por novas linhas telefônicas se acumulando durante vários anos. Uma das consequências disso, foi a necessidade de comprar equipamentos mais baratos, o que, por sua vez, também estimulou o fim do oligopólio das empresas fabricantes.

IV.7.c - No Brasil

A situação econômica no Brasil era bem diferente da existente na Suécia e no Reino Unido, no período em que o novo sistema foi pensado pela primeira vez, no início da década de 70. O Brasil era um país de economia capitalista dependente, de industrialização tardia, com enormes desigualdades sociais, características que ainda prevalecem atualmente. O início da década de 70 foi, no entanto, um período de elevado crescimento econômico, com taxa anual da ordem de 10%, a época do “milagre brasileiro”, como se tornou conhecido. Havia forte presença de empresas multinacionais no país, que se beneficiavam da infraestrutura e mão-de-obra baratas nele existentes. No setor de telefonia, o mercado brasileiro era integralmente ocupado por empresas multinacionais, como a Sesa (ITT), Ericsson, NEC, Siemens, entre outras. Em sentido estritamente econômico, a necessidade de equipamentos de telefonia estava perfeitamente suprida pelas multinacionais do setor. Ou seja, sob o prisma do jogo de mercado não havia necessidade alguma de se criar um sistema brasileiro.

Não existia nenhuma empresa brasileira de porte que pudesse almejar a criação e a industrialização de uma tecnologia de equipamentos telefônicos 100% nacional. De modo geral, o Brasil não dispunha de empresas que pudessem tomar a iniciativa de gerar produtos genuinamente brasileiros. Elas sempre foram dependentes das tecnologias oferecidas pelas multinacionais. Tal situação era radicalmente oposta à da Suécia, do Reino Unido e dos países do primeiro mundo em geral, onde sempre houve empresas nacionais que empreendiam o desenvolvimento de tecnologias no próprio país, com ou sem ajuda do Estado. O que havia, no Brasil, era apenas o potencial para desenvolver uma indústria nacional de equipamentos de telefonia.

Pelo jogo de mercado então existente, o custo de se promover um desenvolvimento tecnológico independente era muito alto, ou seja, para as empresas brasileiras era, via de regra, mais vantajoso importar tecnologias de fora do que tentar desenvolvê-las aqui. A entrada tardia no desenvolvimento de novas tecnologias, sem infraestrutura adequada em ciência e tecnologia, tinha como consequência a relutância por parte das empresas brasileiras em investir em novas tecnologias. Este processo, aliás, prossegue até hoje, quando observamos inúmeras empresas que estão falindo por não conseguirem competir com as tecnologias produzidas no exterior (Ferraz, Kupfer & Haguener, 1995). Além disso, essa atitude já faz parte de uma cultura empresarial que menospreza a importância da geração nacional de tecnologias. De modo geral, pode-se constatar que a ausência de capacitação científica e domínio sobre a produção de tecnologias redundava quase sempre na dependência econômica.

IV.8 - Fatores políticos

Como nos três casos em exame as redes telefônicas estavam aos cuidados de empresas telefônicas estatais, as 'PTO's (operadoras telefônicas públicas), elas foram sempre consideradas como terreno de iniciativa de políticas públicas, nas quais os governos têm, em geral, grande peso. Desse modo, é normal que os fatores políticos tenham tido sempre algum tipo de influência no desenvolvimento das tecnologias de telefonia.

A situação de instabilidade econômica do Reino Unido se refletia, é claro, no processo político, conturbado com trocas frequentes de Governo (trabalhista/conservador), e fortes pressões políticas para dinamizar a economia. Em 1966, o Governo Trabalhista de Wilson iniciou uma política econômica coordenada pelo IRC (Industrial Reorganisation Committee) (Hills, 1984), que tinha como objetivo eliminar os monopólios e oligopólios da indústria, considerados como responsáveis pela estagnação do desenvolvimento e pela falta de competitividade da indústria britânica. Logo, a indústria de equipamentos de telefonia também foi alvo dessa política. A política industrial para o setor de telecomunicação foi detalhada no ato governamental de 1968 (Hills, op.cit., p125). Estabelecia o fim do oligopólio das empresas – ‘O Anel’ – e definia as novas regras de competição nas indústrias de setor. Segundo essas regras, (a) o BPO deveria se limitar a fornecer as especificações técnicas da rede telefônica britânica e a avaliar de modo global as novas possibilidades técnicas que estavam sendo desenvolvidas pelas empresas, e (b) cabia às empresas fabricantes a tarefa de desenvolver e produzir os equipamentos telefônicos em regime de competição.

Tal decisão, porém, deu início apenas formal ao período de competição entre as empresas que, na realidade, já tinha começado a partir do fracasso do sistema eletrônico, em 1962, quando elas começaram a seguir caminhos próprios de P&D na área de telefonia e, pouco a pouco, a competir pelo mercado britânico, representado pelo BPO.

Na Suécia, por sua vez, os fatores políticos eram muito menos pronunciados, porque as duas empresas tinham autonomia para conduzir os investimentos e as pesquisas na área de telefonia sem a intromissão direta do Governo. Embora a Televerket fosse 100% estatal, ela tinha grande autonomia para gerenciar o setor de telecomunicações sueco. A par disso, existia uma convergência de interesses entre a Televerket e a Ericsson, de modo que a demanda social por novas linhas vinha sendo atendida a contento, o que, aliás, pode explicar a ausência de ingerência direta do Governo sueco³. Finalmente, a divisão ‘política’ do mercado – o externo para a Ericsson e o interno para a Televerket – contribuía para a situação estável do setor.

³ O leitor atento perceberá que esta noção de ‘político’ representa uma visão reduzida do que é ‘política’. O que importa aqui é que, via de regra, o ‘político’ na perspectiva ‘externalista costuma aparecer como sinônimo de políticas governamentais ou ligadas às dinâmicas da estrutura do Estado.

Em forte contraste com o caso sueco, os fatores políticos foram fundamentais no caso brasileiro. Como não havia nenhuma indústria nacional, nem muito menos pesquisas desenvolvidas no campo da telefonia, a geração de uma tecnologia brasileira e o surgimento de empresas brasileiras que fabricassem equipamentos de telefonia com tecnologia produzida no Brasil foi fruto de uma política industrial *nacionalista* (Furtado, 1990; Graciosa, 1990). Aqui podemos identificar o papel crucial da situação política particular do Brasil na década de 70, sob domínio de um governo militar, que empregava métodos autoritários para conduzir o país⁴.

Apesar da orientação adotada, de abertura do Brasil aos interesses de grupos econômicos internacionais, havia dentro do regime militar setores nacionalistas, que viriam a ser fortalecidos com a subida ao poder, em 1974, do general Ernesto Geisel. Com uma política de apoio à indústria brasileira, seu Governo implementou medidas econômicas estratégicas no sentido de aprofundar a política de ‘substituição de importações’ da economia brasileira e de propiciar o surgimento de empresas nacionais em três setores-chave: petroquímica, micro-eletrônica e telecomunicações (Furtado, 1990). O que antes era simplesmente importado, ou fabricado no país por meio da importação de peças e insumos básicos, passaria a ser efetivamente produzido no Brasil, por empresas controladas por brasileiros.

A política vigente no momento forneceu apoio extra às pesquisas realizadas por alguns grupos isolados que atuavam desde 1973 com o apoio da Telebrás. Uma de suas consequências foi a fundação, em 1976, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás ‘Padre Landell de Moura’ – o CPqD –, que viria a ser responsável pela maior parte das pesquisas em telecomunicações realizadas no Brasil a partir de então. Assim, como fruto da política nacionalista, pôde nascer uma indústria brasileira com maior ‘índice de nacionalização’, e, ao mesmo tempo, iniciar-se um processo de capacitação tecnológica própria na área de telefonia. Essa capacitação já entrava diretamente no caminho audacioso das pesquisas em telefonia digital, sem trazer consigo, é bom

⁴ O período ditatorial, que se iniciara em 1964 através de um Golpe de Estado, teve sua fase mais dura entre 1969 e 1974, especialmente durante o governo do general Garrastazu Médici, como é notoriamente conhecido.

lembrar, qualquer experiência anterior no desenvolvimento de equipamentos automáticos de telefonia, ou seja, de sistemas eletro-mecânicos ou híbridos. Em suma, foi o processo político brasileiro que determinou o surgimento de projetos tecnológicos em diversos setores, como no de produção de centrais telefônicas.

Cabe aqui uma observação sobre a maneira de visualizar os fatores sociais relevantes. Uma análise feita por meio de uma abordagem econômica, que colocasse em primeiro plano o papel da demanda econômica, do contexto econômico, ou do jogo do mercado para explicar a emergência de tecnologias, apresentaria dificuldades para examinar o caso brasileiro, como se pode vislumbrar pelos dados descritos acima. Nesse caso, fica patente que um enfoque que enfatizasse o papel do Estado e do processo político maior na definição de políticas industriais e tecnológicas para explicar a emergência de tecnologias se mostraria bem mais adequado. Assim, a partir do exame do contexto político o analista poderia identificar e examinar os demais fatores técnicos e sociais, aí incluídos os econômicos.

Focalizar o papel central desempenhado pelo Estado na geração de tecnologias não significa, portanto, menosprezar o papel dos fatores econômicos. No próprio caso brasileiro eles estavam bem presentes. Com o enfraquecimento do Governo no final da década de 70, devido à crise econômica que se abateu sobre o país, e também ao lento e tortuoso processo de democratização então em curso, escassearam as verbas destinadas ao CPqD, obrigando-o a diminuir seus gastos com pesquisas. Embora o apoio político do Governo se mantivesse, essa situação de escassez de recursos determinou que o projeto do sistema brasileiro fosse desenvolvido por etapas. Desse modo, foi construído primeiro um concentrador de linhas, o Trópico C; depois, a central telefônica de pequeno porte, o Trópico R; e finalmente, a de grande porte, o Trópico RA, já em 1990.

IV.9 - Fatores trabalhistas

Outros fatores tiveram influência nos projetos sob análise. Entre eles encontra-se o relacionado com os problemas trabalhistas que os novos sistemas iriam provocar com o desemprego no setor de telefonia. No Reino Unido, de acordo com os planos iniciais,

o novo sistema digital iria precisar de aproximadamente um sexto dos empregados das fábricas de equipamentos Strowger então produzidos (redução de 30 mil para 5 mil trabalhadores), e dos 11 locais em que eram produzidos apenas um seria necessário, como revelou em entrevista um dos promotores principais do projeto, pelo lado do Governo. Além disso, o fato do projeto ser patrocinado por um governo trabalhista tornava a questão mais espinhosa, pois este, em tese, defendia os trabalhadores e seus direitos, entre os quais o do emprego. Entretanto, essa questão foi contornada pelo BPO e afetou apenas o ritmo do projeto. O BPO teve o cuidado de apresentá-lo publicamente como projeto absolutamente necessário ao país, que supriria a rede com equipamentos de melhor qualidade e mais baratos; justificando-se assim a perda de empregos em nome do avanço tecnológico.

Cabe aqui uma indagação importante a respeito do papel dos conflitos em torno das relações de trabalho nas empresas fabricantes e nas companhias telefônicas operadoras. Qual seria a relevância de um enfoque que chamasse a atenção para esses fatores no exame da geração das três tecnologias? A resposta, é claro, depende do material empírico. É óbvio que, se desempenham papel crucial na definição das feições da nova tecnologia, esses fatores deverão ser analisados mais a fundo, e um enfoque que os examinasse em primeiro plano seria possivelmente adequado para este hipotético caso.

Duas observações podem ser feitas sobre esse aspecto no processo de moldagem da tecnologia. Primeiramente, nos casos analisados parece claro que não há influência direta dos conflitos nas relações de trabalho na definição dos novos sistemas de telefonia. Eles aparecem sim, mas de forma indireta: no objetivo de baixar os custos com a mão-de-obra e com o serviço de manutenção da rede telefônica. Ao contrário de outras tecnologias, usadas para reorganizar o processo de trabalho em fábricas e empresas já existentes, a antiga indústria de equipamentos eletromecânicos foi inteiramente substituída por novas fábricas de equipamentos eletrônicos de telefonia, cuja montagem necessitava empregados com novas qualificações profissionais, bastante diferentes das exigidas na fabricação dos equipamentos antigos. No trabalho de Brian Bolton (Bolton et al, 1991), já mencionado no Capítulo I, busca-se relacionar a

introdução dos novos sistemas eletrônicos de telefonia com as mudanças organizacionais do trabalho e da estrutura dos novos empregos em empresas do setor, em particular, as companhias operadoras estatais – as PTO's –, em diversos países do mundo desenvolvido, e, também, com as políticas de privatização destas empresas. O que, no entanto, transparece nesse trabalho é a carência de um exame mais detalhado da própria tecnologia eletrônica, considerada como dada de antemão, e não como passível de modificação de acordo com os interesses dos seus promotores. O ponto de vista desse tipo de análise é o de que a mudança tecnológica é unidirecional e inevitável, e, assim, o foco da atenção volta-se apenas para o exame das 'alternativas que restam aos trabalhadores para minorar a destruição de todo um setor industrial – o de equipamentos eletromecânicos de telefonia – e dos empregos relacionados com ele' (op.cit., p111).

A segunda observação, derivada da primeira, refere-se à falta de participação dos trabalhadores na definição das três tecnologias. Pelos dados reunidos, não há de fato participação efetiva de trabalhadores em nenhum dos três projetos. Eles foram excluídos do seu planejamento e desenvolvimento. Pode-se especular sobre o porquê disso. A exclusão talvez possa ser explicada pelo fato de os trabalhadores desconhecerem a natureza social da tecnologia - já que o discurso sobre o conhecimento científico e técnico via de regra o define como algo neutro e dado, e, além disso, ultrapassa a capacidade de entendimento de trabalhadores leigos. Muitos trabalhadores terminam por aceitar este tipo de discurso. Mas, por outro lado, não se pode esquecer que os primeiros planos dos novos sistemas de telefonia já esboçavam claramente, em particular no Reino Unido, a grande diminuição do número de empregos em consequência da nova tecnologia. É possível que o Governo britânico e as empresas tenham deliberadamente excluído os representantes dos trabalhadores para evitar negociações com eles. Ou ainda, talvez, a questão nem se colocasse, na medida em que "temas puramente técnicos não eram da alçada dos trabalhadores". As únicas negociações havidas com eles visavam à implementação da produção dos novos equipamentos e foram feitas bem mais tarde, quando a tecnologia do 'System X' já estava praticamente pronta.

Em suma, enfoques que enfatizam o papel dos conflitos trabalhistas seriam de pouca valia para analisar a geração das três tecnologias em questão, muito embora tais fatores estejam sempre presentes no contexto externo.

IV.10 - Fatores organizacionais

Os fatores organizacionais apontam para as peculiaridades das organizações criadas nos três países, responsáveis pelo desenvolvimento dos novos sistemas. Todos os fatores descritos anteriormente contribuíram para moldar os três projetos, porém o peso de cada um deles e a maneira específica como exerceram sua influência foram distintos em cada caso.

No Reino Unido, o grupo de desenvolvimento, formado oficialmente em 1974, era coordenado pelo BPO. Sua estrutura organizacional refletia a situação de competição entre as três empresas britânicas e as tensões entre elas e o BPO, evidenciando ao mesmo tempo a condição de dependência mútua entre os quatro atores principais. Esse arranjo organizacional *determinou* o grande atraso no desenvolvimento do 'System X'. Esse tipo de conclusão, como já foi assinalado, é típico de uma análise sob a perspectiva 'externalista', pela qual a 'estrutura' determina o comportamento do agente. Desse modo, o arranjo organizacional britânico estimulava a competição entre as empresas pelos "melhores" módulos do novo sistema, as disputas pelos contratos e patentes, e pelo controle da condução do projeto. Isso tudo, claro está, contribuiu consideravelmente para atrasar e encarecer a geração do novo sistema de telefonia. É importante salientar que a característica modular da arquitetura do 'System X', embora criada inicialmente para atender a outros objetivos, refletia o clima de competição entre as empresas e serviu para acomodar seus interesses conflitantes. Neste sentido, alguns módulos chegaram a ser redivididos apenas para satisfazer as empresas.

A situação de competição entre empresas e de disputas com o BPO teve ainda outra consequência negativa para o andamento do projeto. As negociações para a escolha da empresa que iria desenvolver o módulo do processador central do novo sistema encobriram as reais dificuldades de se utilizarem as técnicas de

multiprocessamento. A GEC e a Plessey disputaram esse módulo estratégico por mais de dois anos (Hills, 1984). Critérios técnicos, que apontavam o projeto do processador da GEC como o mais adequado para o 'System X', definiram a decisão do BPO a seu favor. Porém, as técnicas de processamento em paralelo ainda engatinhavam nos anos 70. Em particular, houve problemas sérios com a sincronia entre os vários processadores do sistema, que só foram resolvidos em 1980 com o auxílio de tecnologia americana.

A posição do BPO como coordenador do projeto garantia que os requisitos técnicos a que o novo sistema deveria atender seriam, em primeiro lugar, os da rede britânica que o BPO administrava. A estrutura deliberativa do comitê conjunto impedia que as empresas colocassem exigências próprias de requisitos de redes menos complexas, prejudicando o objetivo comercial de exportação do novo sistema.

Na Suécia, em forte contraste com a situação acima, a criação da empresa Ellemtel eliminou em larga medida a eventual possibilidade da Ericsson e a Televerket entrarem em disputas sérias. O controle acionário da nova empresa estava nas mãos das duas empresas "mães", de modo que possíveis conflitos sobre as patentes criadas com o novo sistema e sobre a responsabilidade por certos módulos ou partes do sistema foram simplesmente cortados pela raiz. Os cientistas envolvidos com o projeto estavam todos numa única organização, a Ellemtel. Houve, sim, disputas, mas sobre a condução técnica e as soluções adotadas no projeto. Parece não haver dúvida de que este arranjo organizacional contribuiu decisivamente para que o novo sistema de telefonia sueco fosse desenvolvido de maneira mais rápida e integrada.

Quanto ao Brasil, não houve disputas entre empresas, no início porque elas simplesmente não existiam e, mais tarde, por causa de sua situação de dependência em relação ao Governo, que fornecia de forma centralizada a maior parte de sua infraestrutura técnica e financeira. O CPqD era a organização responsável pela geração do novo sistema de telefonia. Como no caso sueco, os cientistas estavam todos integrados num projeto único. Houve conflitos, claro, mas relacionados com a forma mais adequada de conduzir o projeto, ou com a diminuição do apoio financeiro do Governo e as pressões das empresas multinacionais, e também com as maneiras de

solucionar os problemas técnicos que normalmente ocorriam. Mas nada disso se compara com a situação mais complexa existente no Reino Unido.

IV.11 - Outros fatores

Outro fator que teve bastante influência foi o dos “traumas” de experiências passadas, já parcialmente mencionado nos ‘fatores históricos’, no desenvolvimento dos novos sistemas. Nos casos sueco e britânico, eles tiveram um papel importante. Na Suécia, o fato das duas empresas enfrentarem sérios problemas com as técnicas de multiprocessamento, desenvolvidas na década de 60, sem dúvida contribuiu para que elas desistissem de prosseguir nesse caminho de pesquisas, pois seria arriscado continuar buscando o aprimoramento daquelas técnicas, embora elas fossem as preferidas dos cientistas e engenheiros suecos (Meurling, 1985).

No Reino Unido, o fracasso do sistema eletrônico desenvolvido no início da década de 60, em Highgate Wood, ajuda a explicar muitas das reações e estratégias das empresas britânicas durante a década de 60, quando buscavam soluções próprias e, mais tarde, quando o BPO tomou a iniciativa de reuni-las para cooperarem na construção do novo sistema. O projeto fracassado fora coordenado pelo mesmo BPO de forma centralizada, muito semelhante à forma com que ele desejava coordenar o projeto do novo sistema. As empresas, é claro, temiam repetir o fracasso anterior.

IV.12 - Algumas conclusões

Pode-se já perceber claramente a utilidade da comparação transnacional feita aqui: ela permite captar mais nitidamente a problemática dos fatores relevantes dos três casos na geração tecnológica e o ordenamento mais adequado desses fatores, no sentido de chegar à identificação dos mais cruciais e à explicação de suas influências historicamente específicas. Ao mesmo tempo, ela também permite identificar as fragilidades da perspectiva empregada.

A primeira fragilidade é que os fatores técnicos e sociais foram listados e descritos como se estivessem isolados dos demais. Creio ter ficado patente sua falta de integração recíproca. Mas, mesmo assim, a descrição dos vários fatores permite ao leitor identificar formas de integração em que uns ou outros dentre eles são assumidos como os preponderantes. Vimos, por exemplo, algumas possibilidades de integrar os fatores por meio de alguma idéia-chave ou processo primordial, como a) a difusão do conhecimento científico e das novas técnicas; b) o papel do mercado e fatores econômicos de modo geral; c) a atuação do Estado e das políticas governamentais; d) o papel dos conflitos sobre as relações de trabalho; e e) a experiência passada, vista na forma de 'tradição' e 'trauma'.

Uma ou outra dessas idéias-chave parece ser de fato a mais influente em cada um dos casos. Assim, caso pusessemos numa balança os fatores que tiveram influência sobre a concepção do projeto, a formação do grupo que o desenvolveu, bem como as características técnicas finais dos três sistemas de telefonia criados, verificaríamos com certeza pesos diferentes para o papel de cada um deles. Parece bastante evidente que no caso sueco o peso maior foi o da demanda econômica por um novo sistema, uma vez que os principais atores suecos na área de telefonia, em especial a Ericsson, estavam fortemente sintonizados com a evolução do mercado mundial. No caso brasileiro, em flagrante contraste com o sueco, o papel do Estado – cujo Governo assumira uma postura nacionalista ao tentar criar uma indústria de equipamentos de telecomunicações – foi o fator decisivo na formação do CPqD, a organização que desenvolveu o sistema de telefonia brasileiro. O Governo fez, é claro, uso do seu poder de compra, via Telebrás, para conduzir a política industrial e tecnológica no setor de telefonia. No Reino Unido, por outro lado, pesou a falta de harmonia entre os fatores políticos, representados pela estrutura do Governo e BPO, e os fatores econômicos, representados mais explicitamente na situação competitiva no mercado de telefonia. As tensões oriundas do choque entre esses fatores prejudicaram a integração e o trabalho dos cientistas e engenheiros das quatro organizações, provocando grande atraso no projeto.

Em resumo, no caso sueco foi o fator econômico o preponderante, isto é, aquele que impulsionou o desenvolvimento do novo sistema de telefonia. No caso brasileiro,

esse fator foi o político. E, por fim, no caso britânico, ambos os fatores – políticos e econômicos – foram responsáveis pelo projeto e, ao mesmo tempo, pelo seu atraso. Mas será que esses fatores maiores são suficientes para explicar os resultados específicos dos três casos? Creio que a mera descrição deles já nos permite afirmar que não.

A segunda fragilidade da perspectiva ‘externalista’ é que a ênfase da análise recai demasiadamente nos processos sociais mais amplos que definem as condições gerais sobre as quais as tecnologias foram projetadas e desenvolvidas, ou seja, nas estruturas e jogos que, de maneira geral, são externos à atividade dos agentes mais diretamente ligados à criação das condições locais do desenvolvimento do projeto e das soluções técnicas. Embora não haja dúvidas de que são fundamentais, essas condições, gerais ou específicas dos três casos, não resultam diretamente, por si só, nas características técnicas dos novos sistemas digitais de telefonia criados. Fica patente a necessidade de se examinar – nas condições específicas de cada país – o que de fato fizeram os agentes para gerar as novas tecnologias, em particular, os atores da inovação, os cientistas e engenheiros entre eles.

Isso nos conduz à terceira fragilidade da perspectiva ‘externalista’, que, de maneira geral, tende a dar peso maior ao papel das estruturas sociais e a diminuir a importância do papel dos agentes como *criadores* do processo de inovação. Nessa perspectiva, a ‘estrutura social’ prévia determinaria a ‘ação dos agentes’. É importante notar que os agentes, nesse tipo de análise, com frequência nem aparecem. E, quando isso ocorre, muitas vezes, é na situação de ausência de escolha. Por exemplo, à empresa Ericsson não restaria outra opção senão obedecer às leis do mercado e da competição. Logo, foi a estrutura do mercado que *determinou* o comportamento estratégico da empresa, o que não deixa de ter seu lado de verdade, porém não elimina a necessidade de se analisar como esse mercado foi percebido e moldado pela própria Ericsson.

Em suma, a perspectiva ‘externalista’ permite ao analista o exame de um dos lados do processo de inovação tecnológica, o que é de extrema relevância, mas não suficiente. Apresentaremos no próximo capítulo uma maneira de integrar os fatores sociais e técnicos de acordo com outra perspectiva, a ‘internalista’.

Capítulo V

Um Enfoque ‘Internalista’: as Estratégias dos Atores da Inovação

V.1 - Introdução

Neste capítulo, os três casos serão examinados de acordo com uma perspectiva internalista, ou seja, serão analisadas as estratégias e os cursos de ação tomados pelos agentes relevantes durante o processo de mobilização dos recursos e de desenvolvimento dos sistemas digitais, o ‘AXE-10’ sueco, o ‘System X’ britânico e o ‘Trópico’ brasileiro. O enfoque empregado segue, até certo ponto, a abordagem ator-rede de Callon e Law (1992).

Dentro dessa perspectiva, o foco de análise se desloca para os agentes da inovação. O contexto passa a ser visualizado de acordo com as visões desses agentes. A ênfase da análise recai sobre os agentes, suas opiniões sobre a situação em que se encontram e as negociações que entabulavam entre si de acordo com essas visões. Assim, a análise focaliza como a estrutura dos projetos, nos três casos, foi concebida no curso de um conjunto de negociações entre atores da vizinhança que estavam, de algum modo, envolvidos com o setor de telefonia. Tais agentes, que iniciaram o desenvolvimento do projeto, buscaram desde então estabelecer sua forma de tal modo que permitisse garantir sua sobrevivência. Em alguns casos, a questão era de assegurar os recursos necessários oferecidos pelos atores da vizinhança. Em outros casos, tratava-se de assegurar a neutralidade de agentes hostis ao projeto durante um certo período. Nesse momento inicial, o espaço de negociação para os primeiros promotores do novo

sistema era, via de regra, bastante limitado. Eles eram obrigados a adotar uma abordagem gradual. Por exemplo, nenhum apoio decisivo seria obtido a menos que eles conseguissem produzir idéias mais claras sobre o projeto do novo sistema de telefonia, seus prováveis fabricantes, custos envolvidos, cronograma de trabalho para o desenvolvimento, contratos com empresas, etc. Em suma, eles precisavam conseguir ‘aliados’, tanto sociais como técnicos.

De acordo com essa perspectiva, é perfeitamente natural que aos olhos dos agentes da inovação o contexto ‘exterior’ lhes aparecesse como se composto de elementos que podiam ser manipulados. Nesse sentido, a acumulação de um conjunto de contatos formais e informais, compromissos assumidos, reuniões, contratos assinados, planos iniciais, soluções científicas novas, elementos técnicos variados, etc, que os agentes da inovação conseguiam ligar ao projeto para fortalecê-lo, podiam ser vistos como uma rede de elementos heterogêneos em movimento. Ou seja, pela perspectiva de quem está contribuindo ou promovendo a geração de uma tecnologia, a metáfora de ‘rede’ ou ‘ator-rede’ simboliza bem o processo específico de ‘esforço de construção’ de uma rede tecnológica. Também é importante salientar que, dentro dessa perspectiva, os fatores técnicos e sociais aparecem de uma forma bastante integrada.

O foco da análise, portanto, volta-se para a maneira como os vários participantes enxergavam o novo projeto, de modo que o observador ‘externo’ pudesse ter a visão de quem estava promovendo os projetos e, assim, entender a mobilização da rede local. Na linguagem da abordagem ‘construtivista’, por exemplo, os novos projetos tinham o que se pode chamar de ‘geometria variável’: representavam coisas diferentes para os diversos atores. isto é, possuíam um alto grau de ‘flexibilidade interpretativa’ (Callon & Law, 1992, p24). Isso teve profunda influência na maneira como foi criado o grupo oficial de atores que iria desenvolver cada projeto, isto é, no modo como foi criada a ‘rede local’. Em cada país, os grupos sociais relevantes eram os usuários de telefones, os Governos, as companhias telefônicas, as empresas fabricantes de equipamentos, os cientistas e engenheiros que trabalhavam nas companhias operadoras e nas empresas fabricantes, entre outros.

Um primeiro elemento notável, na observação dos três casos, é que a necessidade de um novo sistema de telefonia não era evidente nem na Suécia ou no Reino Unido no final dos anos 60, nem no Brasil nos anos 70. A necessidade foi sendo constituída à medida que os projetos foram sendo criados. Como consequência disso, no início nenhum dos projetos contava com o apoio decisivo dos atores envolvidos no setor de telefonia. Houve então um processo paulatino de convencimento, em que determinados agentes conseguiram gradualmente remover obstáculos para a aceitação dos projetos e a fundação oficial dos grupos que os desenvolveriam.

Num segundo momento, quando as organizações responsáveis pelos projetos foram oficialmente formadas, elas começaram imediatamente o processo de definição das equipes de cientistas, engenheiros e técnicos, e de mobilização dos recursos científicos e técnicos, como máquinas, relatórios, planos, detalhamentos, etc, isto é, de formação da rede local. Esse processo era realizado com vistas a estruturar e tornar operacional o trabalho das equipes, abrangendo todas as negociações sobre o planejamento e condução dos projetos. Nessa etapa, portanto, “os novos projetos tinham conseguido criar para si um tempo e um espaço próprios, dentro dos quais eles podiam negociar e mobilizar os recursos que obtinham dos atores de fora - da vizinhança ou rede global” (Callon & Law, op.cit., p21). Podemos dizer que os projetos tinham alcançado certo grau de autonomia, um “espaço de negociação” próprio. A análise considera então as negociações e transações que ocorreram dentro de cada um desses espaços criados.

A construção dessas redes global e local seguiram cursos diferentes, por vezes lentos e tortuosos, como nos casos brasileiro e britânico, às vezes mais rápidos, como no caso sueco. Nos dois primeiros, houve certas dificuldades na interação entre as redes, situação que levou a modificações na condução do projeto. Em função disso, a análise neste capítulo irá rastrear as estratégias e as contingências que conduziram à criação de ambas as redes, local e global, a evolução delas e de seus promotores durante o período em que eles tentaram moldar tanto as redes quanto o controle das relações entre elas.

Vejamos então como a análise, dentro da perspectiva ‘internalista’, descreve os três casos históricos. Tentarei mostrar que a análise das estratégias sob essa perspectiva é imprescindível para se entender a história das três tecnologias. Por outro lado, pretendo mostrar também que uma análise centrada nas estratégias e ações criativas dos agentes da inovação não pode dispensar ou menosprezar um exame mais sistemático do papel das regras estruturais ‘dadas’ e das dinâmicas ‘externas’ ao processo de inovação.

É lícita aqui uma observação em relação ao material examinado sob a perspectiva ‘internalista’, no sentido de poder contrastá-la de forma mais nítida com a perspectiva anterior. Tente o leitor ler a análise feita aqui como se nada soubesse a respeito dos três casos históricos, ou seja, como se não tivesse visto o Capítulo IV e estivesse lendo pela primeira vez a análise dos três casos.

V.2 - A criação do sistema digital no Reino Unido

O primeiro esboço do novo sistema de telefonia surgiu em 1966, em um artigo em que Roy Harris descreve as idéias básicas daquilo que um sistema mais avançado deveria adotar. Em 1968, o mesmo Harris redigiu o que viria a se tornar o plano inicial do projeto, no qual as idéias básicas estavam mais claramente delineadas. Roy Harris era o cientista-chefe do grupo conjunto de P&D, denominado JERC, que reunia o BPO e as empresas fabricantes de equipamentos telefônicos. Ele tinha grande experiência em coordenar pesquisas no departamento de P&D do BPO, do qual fazia parte, e do JERC até 1968, quando este foi extinto.

V.2.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para os cientistas e engenheiros reunidos no JERC, era necessário que o produto final fosse um sistema de telefonia que (a) resolvesse definitivamente o problema já crônico da falta de linhas telefônicas no Reino Unido; (b) atendesse aos requisitos da rede telefônica britânica; (c) oferecesse serviços mais avançados e de melhor qualidade; (d) fosse desenvolvido em conjunto pelo BPO e as empresas; e (e) pudesse ser produzido pelas empresas fabricantes do Reino Unido. As discussões e transações foram

negociadas em torno destas hipóteses iniciais. Além disso, o projeto do novo sistema representava a busca de um sistema realmente mais avançado, um desafio científico e tecnológico que re-colocaria o Reino Unido de volta na vanguarda científica no setor de tecnologia telefônica. De acordo com o grupo, as disputas políticas e econômicas em torno do projeto eram desperdício de tempo e dinheiro e só prejudicavam a criação de um novo sistema.

Para os usuários de telefones e para a mídia britânica, de modo geral, qualquer novo projeto representava mais uma tentativa, vista com desconfiança, de resolver o problema da falta crônica de linhas telefônicas e da má qualidade de seus serviços.

Para o Governo, por sua vez, era urgente uma solução que fosse suficientemente rápida e barata e que conseguisse resolver ou, no mínimo, mitigar de forma efetiva a falta crônica de linhas telefônicas e a pressão política advinda disso. Mas o projeto não era visto pelo Governo apenas por esta perspectiva. Para ele, qualquer novo projeto deveria se encaixar na política geral de reforma da indústria britânica iniciada pelo Governo Trabalhista de Wilson, em 1966 (Hills, 1984). Sua meta era eliminar da indústria britânica os monopólios, pois eles eram vistos como responsáveis pela baixa eficiência e produtividade da indústria britânica e pelo fracasso de suas exportações. A política industrial para o setor de telecomunicação foi detalhada no ato governamental de 1968 (ver Capítulo IV). De acordo com a nova política, o BPO não poderia mais determinar o que as empresas deveriam produzir. Em outras palavras, isso significava que o BPO, como monopólio dos serviços telefônicos e único consumidor de equipamentos de telefonia, deveria abster-se de investir na pesquisa e no desenvolvimento dos equipamentos de que necessitava. Essa tarefa caberia às empresas fabricantes do setor. Eram estas que deveriam competir num mercado aberto, para produzir equipamentos melhores e mais baratos. Ao BPO caberia optar pelos melhores equipamentos, importando parte deles, caso fosse necessário. Portanto, o Governo britânico considerava que qualquer novo projeto deveria se encaixar em sua política de eliminação do oligopólio na produção de equipamentos de telefonia.

Para o BPO, qualquer projeto deveria representar o desenvolvimento de um sistema realmente mais moderno para a rede telefônica britânica, que solucionasse definitivamente a falta crônica de linhas telefônicas, além de possibilitar serviços mais avançados e de qualidade. Havia no entanto uma divisão interna: enquanto sua gerência, mais ligada ao Governo, concordava ou, simplesmente, não podia desobedecer as diretrizes do Governo, seus cientistas e engenheiros divergiam da política industrial do Governo para o setor, considerando que isso na verdade prejudicaria a busca de uma solução duradoura para o setor de telecomunicações. É possível que a própria gerência do BPO também considerasse que deixar as empresas fabricantes competirem livremente não era a melhor solução para se obter equipamentos de telefonia em quantidade, melhores e mais baratos; entretanto, ela não se encontrava em condições de poder fazer escolhas, por dois motivos: 1^o) porque o BPO era um órgão governamental que obedecia às diretrizes gerais estabelecidas pelo Governo, que sobre ele exercia rígido controle; 2^o) porque o BPO não tinha a autonomia financeira e, assim, administrativa, necessária para planejar soluções de médio e longo prazo que resolvessem de forma eficiente a falta de linhas telefônicas e a qualidade dos serviços. O BPO sofria com apertos no seu orçamento impostos pelo Ministério do Tesouro (Treasury).

Para as empresas, o novo projeto proposto pelo BPO representava uma tentativa a mais do BPO de criar um novo sistema de telefonia de forma centralizada, não levando em conta devidamente seus interesses. As empresas enxergavam a coordenação pelo BPO de um novo projeto com desconfianças em parte devido ao fracasso da tentativa eletrônica do Highgate Wood, em 1962. Esse trauma aparecia sob a forma de elevada desconfiança com que as empresas viam as tentativas do BPO de enquadrá-las em qualquer novo projeto. Mesmo porque elas tinham suas próprias idéias e propostas para solucionar o problema da falta de linhas telefônicas e achavam que tanto os cientistas e engenheiros do BPO quanto os dirigentes do BPO e do Governo não demonstravam percepção realista sobre a viabilidade técnica e, principalmente, financeira para a criação de um novo sistema. As empresas temiam entrar novamente “numa fria”. Para elas, era necessário obter com enorme urgência um novo sistema de telefonia para substituir os velhos e obsoletos equipamentos ‘Strowger’ que elas ainda eram obrigadas

a produzir em larga escala para o BPO. Elas buscavam soluções de sistema híbridos, combinando chaves ‘reed-relay’ e ‘crossbar’ (os TXEs e TXKs) e controle eletrônico, considerando-os como os mais viáveis para resolver com rapidez a falta de linhas telefônicas no Reino Unido e tentar exportá-los para outros países. Elas consideravam a manutenção da produção dos antiquados equipamentos Strowger, que ainda produziam para o BPO, como a razão principal para o declínio de sua participação no mercado mundial.

Para as empresas GEC e Plessey o novo sistema deveria utilizar uma tecnologia ‘crossbar’ para as chaves e controle eletrônico sobre elas com processador em tempo real (computador). Estas companhias desenvolveram e produziram equipamentos de comutação telefônica que foram chamados de ‘TXK3’ e ‘TXK4’. Ao mesmo tempo elas desenvolviam processadores, o ‘Mark’ da GEC e o ‘P250’ da Plessey. Ambos os projetos tinham ligações com planos militares já que tais processadores eram vistos como tecnologias estratégicas pelos militares. Entretanto, seu uso no controle das chaves semi-eletrônicas ainda engatinhava. Seguindo uma linha bem diferente, a outra empresa, a STC, considerava que as chaves deveriam ser as denominadas ‘reed-relay’ e que o controle sobre elas deveria ser o ‘wired-logic’ (programação rígida). Esta tecnologia de controle tinha sido criada a partir do projeto eletrônico fracassado de 1962. Como resultado desta escolha, a STC desenvolveu e produziu o TXE4 para o BPO. Portanto, o projeto de um novo sistema também era olhado com desconfiança pelas três empresas porque elas já tinham soluções imediatas a oferecer e competiam entre si. As empresas temiam que o governo favorecesse uma em detrimento das outras. A par disso, elas achavam que as especificações da rede britânica eram por demais exigentes e que deveriam, por isso, ser simplificadas de modo a não prejudicar a produção de equipamentos que pudessem ser exportados para outros países.

Pode-se perceber claramente que muitas das condições, examinadas de um ponto de vista ‘externo’ no Capítulo IV, agora aparecem dentro da ótica ‘interna’ dos agentes envolvidos no setor de telefonia. No entanto, observe o leitor que os eventos que não têm a ver *diretamente* com o projeto tendem a desaparecer da análise – em particular, a dinâmica política e econômica maior do Reino Unido e, mesmo, a história prévia dos

sistemas de telefonia. Elas afloram sim, mas apenas quando têm alguma relação com o projeto. Ou seja, o contexto é analisado *em função* do projeto.

V.2.b - O nascimento do projeto e a fundação do grupo de desenvolvimento

O novo projeto passou por um longo caminho até ser aceito pelo BPO, pelo Governo e, depois, pelas empresas. A origem deste processo pode ser rastreada a partir da fundação, em janeiro de 1969, do grupo chamado ‘Advisory Group for Specification Design’ (AGSD), Grupo Consultor para a Definição das Especificações, três meses após a extinção do JERC. Através do AGSD, os cientistas e engenheiros do BPO e das empresas podiam continuar mantendo contato e trocar informações científicas, muito embora não pudessem mais entrar nos pormenores técnicos devido à situação de competição entre as empresas. O mais importante, no entanto, é que os cientistas conseguiram, com a fundação AGSD, salvaguardar um espaço próprio em que podiam avançar os conceitos-chave sobre as características técnicas desejáveis para o novo sistema de telefonia. Esse grupo representava o primeiro espaço de negociação com o objetivo de desenvolver o novo sistema.

Porém, o clima era desfavorável ao trabalho do AGSD, pois nem as empresas, nem o BPO, nem muito menos o Governo queriam ouvir falar de pesquisas conjuntas em que o BPO participasse. Lembrando, as empresas não viam o novo projeto como uma alternativa viável, pois consideravam-no como mais um projeto criado por engenheiros sem visão comercial, tal qual fora o fracassado projeto eletrônico do JERC (Tom, entrevista feita em 29/9/89)¹. Neles, as empresas não depositavam confiança. Até porque elas próprias tinham os seus departamentos de P&D e perseguiram, como já mencionado, suas próprias alternativas.

Como o BPO estava oficialmente proibido de realizar pesquisas em torno de um novo sistema, dada a política industrial do Governo, o AGSD foi fundado como uma organização de consultoria, pela qual o BPO orientaria as empresas sobre as

¹ As entrevistas dos casos britânico e sueco foram realizadas por Afonso Molina como está assinalado na Introdução da tese. A seu pedido, os nomes verdadeiros não são revelados. No lugar deles estão apenas nomes fictícios.

especificações técnicas da rede britânica de modo a compatibiliza-las com os diferentes equipamentos produzidos pelas três empresas. Esse serviço, embora necessário, não foi a razão principal de sua fundação, mas foi usado oportunamente como pretexto para tanto. Os cientistas e engenheiros estavam definitivamente interessados, como se torna claro pelas entrevistas de alguns deles que participaram do projeto ‘System X’, em avançar no caminho da criação de um novo sistema de telefonia (Jim, entrevista feita em de 31/9/89; Bob, em 18/9/89). De acordo com eles, a política governamental de estimular competição no setor representava uma barreira para o novo projeto e surgia num momento muito inapropriado.

Garantido este espaço inicial de negociação, os cientistas e engenheiros trataram de refinar as feições técnicas do novo sistema, baseado no artigo de Harris, e produzir ‘intermediários’ na forma de relatórios com o objetivo de convencer o BPO e o Governo da necessidade do novo sistema. Nos anos de 1969, 70 e 71, os cientistas do BPO realizaram diversas simulações computacionais e produziram relatórios comparativos entre todos os sistemas de telefonia existentes ou em projeto (Strowger, TXK, TXE e o ‘System X’) (Hills, 1984). Os relatórios apresentados ao BPO e ao Governo apontavam para a necessidade de construir o novo sistema em cooperação com as empresas (Molina, *op.cit.*, p43).

O primeiro passo foi demonstrar que o custo de se continuar adquirindo equipamentos com a tecnologia Strowger era proibitivo a médio e longo prazo, pois este sistema exigia grande quantidade de mão de obra para sua produção e, em particular, para sua manutenção, além do que, é claro, não possibilitaria serviços mais avançados e de qualidade. O segundo passo foi mostrar que o custo de desenvolvimentos paralelos de tecnologias com sistemas diferentes (‘crossbar’ e ‘reed-relay’) deixadas ao bel-prazer das companhias fabricantes se tornaria muito alto a longo prazo, sendo que o BPO terminaria, no fim, por pagar esse preço. Os custos com o desenvolvimento e utilização de várias tecnologias – os ‘custos de variação’ como se dizia na época – seriam extremamente altos para o BPO. “Eles verificaram que mesmo uma variação pequena em um dos sistemas, com contratos de 10 milhões de libras resultaria em custos excessivos para o Correio Britânico [BPO] em documentação, treinamento,

planejamento, licitação e manutenção, num valor entre 1,3 a 6 milhões de libras.” (Hills, op.cit., p129). Os relatórios indicavam também que seria mais sensato concentrar investimentos em pesquisas numa única direção de modo a evitar desperdícios de desenvolvimentos duplicados ou mesmo triplicados. Portanto, seria mais apropriado desenvolver a tecnologia do novo sistema *em conjunto*, evitando-se o desperdício de vultuosos investimentos em P&D. Mais tarde, a produção dos novos equipamentos poderia então ser realizada por meio de competição entre as empresas fabricantes.

Ainda em relação aos custos, um dos engenheiros que participaram da redação desses relatórios tinha também outra preocupação: “considerações econômicas nos forçaram a ter muita perspicácia para reduzir custos. Mas, ao mesmo tempo, devemos cultivar a tecnologia da flexibilidade e canalizar nosso conhecimento científico na direção daqueles conceitos que contribuem para uma capacitação total em telecomunicações que possibilitarão, no futuro, a inclusão de novas demandas e novas tecnologias.” (Whyte, 1969, p141). Ele mesmo explica: “A qualquer momento é fácil criar um sistema de “custo mais baixo” e haverá sem dúvida pressão para assim proceder. Mas o perigo é nos tornarmos prisioneiros de um projeto de sistema particular e uma tecnologia particular” (op.cit., 140). Ou seja, esse grupo de cientistas e engenheiros já mostrava a preocupação de criar um sistema de telefonia que pudesse evoluir conforme a evolução de outras tecnologias, o conceito de ‘potencial evolutivo’ que Harris sempre salientava. Considerações de custo, portanto, deveriam ser vistas como uma questão de longo prazo.

É importante notar que essas conclusões são as mesmas que vimos antes, mas examinadas de acordo com a perspectiva ‘externalista’². Ou seja, no capítulo anterior, as conclusões eram fruto não da percepção estratégica dos cientistas e engenheiros do AGSD e BPO, como visto acima, mas, ao contrário, eram o resultado ou da dinâmica do mercado, ou da lógica de contenção dos gastos governamentais, ou ainda da necessidade “imperativa” de integração das pesquisas, dadas as características específicas da tecnologia de telefonia. Eram condições externas que obrigavam os atores a concluir

² É importante salientar que as duas perspectivas não necessariamente conduzem a análise para as mesmas conclusões. Se assim procurei fazer foi para não tornar confusa esta múltipla comparação, entre três histórias distintas e entre três enfoques diferentes.

pela necessidade de cooperação num projeto de um sistema com capacidade de evolução. Aqui essa necessidade é vista essencialmente como opção percebida, formulada e escolhida pelos atores.

O primeiro sinal de que o Governo se sensibilizou com os argumentos dos cientistas do AGSD e BPO foi a decisão de interromper a produção de equipamentos com o sistema Strowger em 1971, e de escolher um sistema interím para substituir o velho sistema enquanto o novo estivesse sendo desenvolvido. No entanto, a escolha desse sistema intermediário foi feita de tal modo que acabou prejudicando os esforços do BPO para reunir as empresas em torno do projeto do novo sistema. O BPO optou pelo sistema TXE-4 (sistema híbrido 'reed-relay'), desenvolvido pela STC, assinando um contrato, em junho de 71, para aquisição de 20 centrais desse tipo. Isso provocou reação imediata e irada das empresas preteridas, que produziam o sistema híbrido 'crossbar'. A crise tornou pública a disputa em torno do mercado de telefonia (Hills, 1984, p135). GEC e Plessey alegavam que o mercado britânico de telefonia teria sido entregue a uma companhia estrangeira, já que a STC era subsidiária da empresa americana ITT. Além disso, elas repentinamente se transformaram em defensoras dos trabalhadores. A fabricação dos novos equipamentos com tecnologia 'reed-relay' da STC empregaria um número muito menor de trabalhadores e todos do sexo feminino, uma vez que a produção seria de um sistema 'mais eletrônico', setor em que a mão-de-obra feminina predominava. Já a produção de equipamentos 'crossbar' das duas empresas, 'menos eletrônico', conservaria um maior número de empregos masculinos (op.cit., p135).

Para conseguir convencê-las a se associarem ao projeto do novo sistema o BPO assinou contratos também com a GEC e Plessey para adquirir seus equipamentos 'crossbar'. O período de disputa teve longa duração e tal acordo, contemplando todas as três empresas, somente foi fechado em 1974. As decisões governamentais a respeito tinham sido adiadas inúmeras vezes, o que contribuiu para a falta de definição no setor. Em abril de 1974, foi fundado o grupo de desenvolvimento do novo sistema, constituído pelas empresas e coordenado pelo BPO. O que se percebe claramente desse período, é que as empresas estavam interessadas em soluções de curto prazo para as vendas de seus

equipamentos de telefonia, importando-se pouco com a adequação ou não dos seus sistemas à rede britânica. Talvez como resposta a essas disputas, foi instaurada em 1974 uma comissão parlamentar de inquérito – a Comissão Carter –, liderada pelo Professor Charles Carter (Hills, op.cit., p121), para analisar os problemas do setor de telefonia.

V.2.c - Disputas sobre as definições cruciais do projeto

As três empresas aguardaram o estabelecimento e a assinatura formal dos contratos para realmente iniciar os trabalhos de desenvolvimento do ‘System X’. Foi, novamente, um longo e difícil período de negociação em que ocorreram disputas acirradas entre o BPO e as empresas, e entre elas próprias. Foi após esse período que o projeto realmente “deslanchou”, apenas em 1977, quando os primeiros contratos foram assinados e o BPO pagou as empresas pelas partes que seriam desenvolvidas. Até isso acontecer as empresas se mobilizaram apenas para planejar as tarefas e para negociar a divisão dos módulos do novo sistema. De acordo com a estratégia das empresas, perceptível nas entrevistas com sua alta gerência (Tom, entrevista cit.), o novo projeto era visto como uma maneira de auferir lucros com o desenvolvimento de ‘partes’ do novo sistema.

Enquanto isso, o BPO buscou integrar e gerenciar uma equipe formada por cientistas e engenheiros das quatro organizações: BPO, GEC, Plessey e STC. Foram formados nada menos que 11 grupos (no fracassado projeto do JERC eram 12 grupos). Não foi por acaso que o BPO encontrou enormes dificuldades para integrar e controlar todas as equipes, formadas por profissionais de quatro organizações diferentes, com culturas e experiência técnicas diferentes. Foi difícil conciliar a necessidade de cooperação ao mesmo tempo em que as empresas se enxergavam como rivais no mercado de telefonia. Elas desejavam as partes ou módulos principais do novo sistema e revelavam desconfiança constante em relação ao que o BPO negociava com as outras. Como estratégia para tentar conciliar os interesses conflitantes entre as empresas os cientistas do BPO re-dividiram os módulos do sistema de tal modo que pudessem ser desenvolvidos separadamente pelas empresas e, depois, integrados pela equipe conjunta dirigida pelo BPO. Embora a característica modular tivesse inicialmente o propósito de

criar um sistema com ‘potencial evolutivo’ e à ‘prova do futuro’, ela foi fundamental para que se pudesse dividir “irmamente” a geração do novo sistema entre as três empresas. Neste aspecto, é revelador a confissão do cientista Jim (entrevista cit.) de que ele alterou módulos inteiros apenas para redividí-los de modo a atender melhor os interesses das empresas.

Não obstante o esforço do BPO, duas empresas, a GEC e a Plessey, desejavam desenvolver o módulo do processador, pois o consideravam como o módulo principal do novo sistema. De acordo com elas, quem possuísse o ‘controle’ do sistema – o processador central – teria o domínio do novo sistema de telefonia. Por isso, a definição da empresa que iria desenvolver o processador central do sistema foi longa e difícil. Elas disputaram palmo a palmo a escolha de uma delas pelo BPO, que solicitou às duas que submetessem seus projetos para o processador para ser analisado por uma equipe de cientistas do BPO. Após a análise dos relatórios técnicos e muito jogo político nos bastidores (segundo a empresa derrotada), o BPO acabou optando pelo processador ‘Mark 2BL’ da GEC como ponto de partida para o processador central do novo sistema. O relatório técnico em que se apoiava a decisão final salientava que o projeto da GEC era mais avançado e tinha potencial para atingir a capacidade de processamento requerida pelo novo sistema.

Houve conflitos também em torno das patentes das partes desenvolvidas pelas empresas. Como era o BPO que estava pagando por essas partes ele se considerava no direito de possuir suas patentes. As empresas, por sua vez, tinham outra visão, a de que elas que iriam desenvolvê-las, assim nada mais natural que as patentes passassem a ser suas. A solução foi conciliadora: o BPO ficava com a propriedade das patentes, porém as empresas teriam o direito de usá-las como patentes licenciadas.

Enfim, entre os módulos importantes, o processador do sistema foi para a GEC, a chave digital para a Plessey, e os circuitos de linha para a STC, que recebeu a menor parte pois era considerada parceira minoritária dentro do grupo (STC - 20%, GEC e Plessey - 40% cada uma). Com tais definições estabelecidas e aceitas pelas empresas, os contratos de pesquisa e desenvolvimento foram finalmente assinados e elas iniciaram

concretamente a geração do 'System X'. Isso ocorreu somente em 1977, três anos após a formação oficial do grupo que desenvolveria o novo sistema.

V.2.d - Problemas no desenvolvimento do novo sistema

A partir de 1977, quando o projeto realmente começou, houve vários problemas. Talvez o mais sério deles se relacionava com o processador do Sistema X. Fica claro, em retrospecto, que nem o BPO, nem a GEC tinham conhecimento claro do que eles estavam se propondo a desenvolver quando os contratos foram assinados em 1977. O BPO especificou o processador em termos técnicos bem gerais no que presumia como mais promissor para o funcionamento do processador. Pensou-se que seu desenvolvimento seria de resolução relativamente simples e rápida, de apenas expansão e aprimoramento da capacidade de processamento do Mark 2BL. Logo se observou que este não seria o caso. O novo processador teria de apresentar maior capacidade de processamento do que o seu predecessor, e operar de acordo com especificações de segurança muito mais exigentes. Quando foi testado pela primeira vez, em 1978, a solução via multi-processamento acabou provando ser menos eficiente do que o previsto teoricamente, não alcançando os requisitos de capacidade especificados pelo BPO. O problema diagnosticado foi o de falta de sincronia na operação dos vários processadores, provocando problemas de compartilhamento de dados ('contention in data sharing') (Bob, entrevista cit.). O resultado prático (negativo) disso era que a adição de novos processadores, ao invés de aumentar, diminuía a capacidade de processamento do sistema como um todo, ficando então bem abaixo da especificação necessária para tráfegos telefônicos elevados.

Torna-se igualmente claro, em retrospecto, que o clima de competição entre as empresas e a falta de confiança recíproca entre o BPO e as empresas contribuíram para esconder as dificuldades com as técnicas de processamento em paralelo. Como a GEC queria ganhar a todo custo o contrato de construção do processador ela apresentou as técnicas de multiprocessamento, no projeto submetido ao BPO, de tal forma que minimizava as grandes dificuldades e incertezas existentes em torno delas. Tal estratégia de negociação da GEC foi efetiva e ela conseguiu que seu projeto fosse o escolhido.

Contribuiu também para a decisão tomada o fascínio dos cientistas e engenheiros britânicos por essas técnicas de multiprocessamento, bastante evidente nas entrevistas com alguns dos cientistas do projeto (Jim e Bob, entrevistas cit.).

Como havia enorme necessidade de acelerar o andamento do projeto, já que se encontrava bastante atrasado, o comitê conjunto considerou que era necessário pedir auxílio a uma empresa americana da Califórnia para resolver o problema de assincronia do processador. Esta consideração virou assunto de segurança nacional já que a tecnologia 'System X' era considerada estratégica e pedir auxílio a uma empresa estrangeira significaria transferência de tecnologia de ponta. Assim, a decisão, embora com base em relatórios técnicos do comitê conjunto e na posição do BPO e das empresas, acabou sendo tomada na realidade pelos altos escalões do Governo e não pelo comitê conjunto do projeto, o que resultou em mais atrasos. O problema só foi solucionado inteiramente em 1980.

Havia também o problema das especificações dos novos equipamentos. O BPO considerava o novo projeto como a solução mais apropriada para a expansão da *sua rede*. Para ele, os requisitos mais importantes a que o novo sistema deveria atender eram, portanto, os da rede britânica. Como o BPO era o coordenador do comitê conjunto, ele tomava decisões com base principalmente em especificações da rede telefônica britânica. Deste modo, é claro, as empresas não viam suas reivindicações de requisitos técnicos específicos, orientados para a meta de exportação do novo sistema, serem consideradas pelo comitê do projeto. O que elas desejavam eram requisitos de funcionamento menos complexos e exigentes, que eram característicos da rede britânica, e, aliás, totalmente diferentes das redes de outros países.

O segundo maior problema do projeto, como já deve estar claro, não era técnico, mas organizacional, pois as visões e estratégias do BPO e empresas em relação ao projeto eram diferentes e, assim, os desentendimentos entre os participantes se tornaram constantes. Em resumo, as empresas acusavam o BPO de ser conduzido por tecnocratas e engenheiros com preocupações pouco realistas sobre a viabilidade comercial das especificações técnicas que estavam sendo implementadas (*over-engineerised*). O BPO

respondia que adaptações e modificações tendo em vista o mercado externo deveriam ser realizadas pelas próprias empresas. A réplica delas era acusar que elas não recebiam para isso e não tinham garantias de que o novo sistema seria bem sucedido nem mesmo no Reino Unido, assim, elas não poderiam se arriscar a desenvolver adaptações antes do sistema estar pronto e provado no próprio país. Finalmente, a contra-réplica do BPO era afirmar que o Governo estava pagando as empresas por um novo sistema para ser utilizado especificamente no Reino Unido. Para fora dele, cabia às empresas investir no que fosse necessário para adaptar o novo sistema. O fato do sistema ser modular permitia isso perfeitamente. Como o comando do comitê conjunto estava nas mãos do BPO, torna-se fácil perceber que o resultado desses conflitos foi a adoção de uma estratégia defensiva por parte das empresas.

Na visão das empresas é bem possível que, por causa dessa situação conflituosa, elas tivessem receio de que o projeto pudesse mudar substancialmente de uma hora para outra: ou na organização do comitê conjunto e, assim, no curso do projeto e dos contratos, ou na redefinição das empresas que finalizariam o projeto, com uma delas sendo premiada sozinha, ou mesmo no cancelamento do projeto com a aquisição de outros sistemas. Esta seria uma expectativa perfeitamente possível para a STC, que aliás nunca deixou de expressar veladamente seu desejo em continuar a vender seus próprios equipamentos TXE4 durante todo o período de desenvolvimento do Sistema X. Além do mais, a STC desenvolvia uma versão aprimorada do seu sistema 'reed-relay', o TXE4-A, com a adição de controle por programa armazenado (SPC).

A estratégia das empresas se resumia, basicamente, em três pontos. Primeiro, elas procuravam fazer lucro com a própria P&D no curto prazo. Segundo, elas atrasavam a construção dos módulos que desenvolviam. Terceiro, elas procuraram alterar as decisões sobre o projeto através de "lobbies" nos bastidores do Governo, acusando o BPO pelas costas de conduzir mal o projeto. É bem possível que tenham tentado convencer o Governo de que eram elas que deveriam conduzir o projeto.

Devido a esses problemas todos houve um grande atraso no projeto. O grupo oficial se formara em 1974 e o novo sistema ainda não dava sinais que seria finalizado

antes do início dos anos 80. Segundo o enfoque ator-rede (ver Seção 5.e do Capítulo II), poderíamos dizer que o projeto estava simplesmente falhando em produzir os ‘intermediários’ para a ‘rede global’ que haviam sido prometidos a ela pela ‘rede local’ quando o projeto fora planejado e aprovado, alguns anos antes.

Percebendo este clima desfavorável, os cientistas e engenheiros do projeto aproveitaram uma excelente oportunidade para demonstrar a validade do novo sistema. Eles montaram e levaram à Genebra, em setembro de 1979, mais especificamente ao Fórum TELECOM 79 – o terceiro fórum mundial promovido pela União Internacional de Telecomunicação (ITU) –, uma versão de pequeno porte de uma central telefônica local que já utilizava a nova tecnologia (Willson, 1980, p227). Essa demonstração foi considerada como um dos grandes sucessos do encontro. Era o primeiro equipamento de telefonia inteiramente digital, do chaveamento e transmissão de sinais até o seu controle. Sucesso esse talvez maior do que a expectativa dos seus idealizadores. Isso contribuiu, sem dúvida, para a continuação do projeto. Embora a demonstração tivesse sido, na realidade, uma apresentação “maquiada”, para todos os efeitos era um ‘intermediário’ de suma importância que foi fornecido pelos atores locais para os globais – ao Governo e à gerência do BPO. O sucesso de Genebra demonstrava publicamente que o investimento financeiro e político do Governo não fora em vão. Esse sucesso contribuiu para aumentar a credibilidade do projeto e garantir sua sobrevivência durante a troca de governo no fim de 1979, quando os conservadores ganharam as eleições gerais prometendo, entre outras coisas, modificar o setor de telecomunicações britânico.

V.2.e - Mudanças decisivas na condução do projeto

Em 1979, o Partido Conservador tornou pública sua posição sobre o setor, anunciando num manifesto seu comprometimento com a privatização dos setores rentáveis das telecomunicações e a separação do departamento responsável pela administração da rede telefônica com vistas a torná-lo uma organização independente. Com a vitória dos conservadores, Margaret Thatcher assumiu o novo Governo em 1980, iniciando um novo período de mudanças no setor de telefonia, com repercussões

importantes na finalização do projeto, embora a concepção inicial não tenha sofrido alterações substanciais.

O importante a observar aqui é a tendência da perspectiva ‘internalista’ em tratar os acontecimentos políticos maiores como *contingentes*, vistos em função da dinâmica dos agentes que estão construindo a nova tecnologia. Os porquês da posição privatista do novo governo, por exemplo, não fazem parte de sua análise. Assim, a dinâmica política em torno da questão da privatização tende a ser tratada como fator ‘contingente’ e ‘dado’, quando na realidade sua lógica de formação e transformação era outra, mas tão importante para o futuro da tecnologia britânica, quanto o era a dinâmica do projeto, dentro da qual os cientistas tentavam alinhar e estabilizar os vários elementos na ‘rede sociotécnica’ do projeto.

A primeira decisão do novo Governo foi desmembrar o departamento de telecomunicações do BPO, criando a ‘British Telecom’ (BT), ainda em 1980. Em seguida, uma comissão do Governo entrevistou no comitê conjunto do projeto para averiguar o seu andamento. De acordo com um dos integrantes do grupo interventor, foi só nesse momento que se revelou a verdadeira dimensão do atraso do projeto, até então desconhecida. O novo Governo levou em consideração as recomendações da Comissão Carter.

O relatório de 1977 da Comissão Carter fora bastante duro no exame do desenvolvimento do Sistema X (Hills, 1984, p139). Embora salvuardasse a necessidade do novo sistema, ele indicava claramente que a forma organizacional do projeto era a principal responsável pelo atraso do projeto, e que era necessário re-estruturar o comitê conjunto de modo a torná-lo capaz de avançar o projeto. “Embora fosse esperado que o Escritório de Correios [BPO] conduzisse o projeto, na realidade as decisões eram alcançadas essencialmente por consenso entre os participantes. Com efeito, o projeto era administrado por comitê, o que lembrava a forma organizacional dos antigos projetos do JERC [...] a gerência do projeto era fraca, e o processo de tomada de decisões, organizado de forma burocrática, tendia a ser lento e ineficiente.” (op.cit., p140).

Em consequência, a estrutura do comitê do projeto foi alterada. O núcleo de decisão sobre o projeto se deslocou do BPO para as empresas. Porém, a intervenção do Governo não tinha terminado ainda. De acordo com estudos do grupo interventor o projeto precisava de alterações adicionais, pois o preço do novo sistema tinha se tornado muito elevado. O Governo considerava que as empresas deveriam realizar um ‘programa de redução de custos’, ou ‘racionalização da produção’, para diminuir o preço dos equipamentos com a nova tecnologia.

Nesta altura, no entanto, houve uma mudança de postura das empresas GEC e Plessey. Elas começaram a assumir o objetivo de finalizar o novo sistema de modo que ele viesse a ser realmente contruído. Já haviam investido bastante recursos no novo sistema, e, principalmente, já não vendiam para o BPO os seus sistemas ‘crossbar’. Em outras palavras, se pretendiam permanecer no ramo de equipamentos de telefonia pública elas agora precisavam apostar no sucesso comercial do ‘System X’. Esse interesse da GEC e Plessey se tornou ainda maior quando a BT foi privatizada em 1983, como parte do programa de privatização do Governo Thatcher, e a BT passou a adquirir 30% dos seus equipamentos da Ericsson. Desse modo, elas foram obrigadas a produzir o ‘Sistema X’ de forma mais eficiente e barata para poderem competir com o ‘Sistema Y’ da Ericsson (AXE-10 na realidade) e garantirem a fatia (70%) que lhe havia sido reservada do mercado da BT.

A empresa STC, por outro lado, se encontrava numa posição bem diferente, uma vez que continuava aprimorando uma nova versão do seu sistema ‘reed-relay’ com controle ‘SPC’, o TXE4-A, no início dos anos 80. Fôra a empresa que mais se atrasara no desenvolvimento dos seus módulos, um ano e meio, segundo o grupo interventor do Governo. Assim, o Governo expulsou a STC do projeto, porém, garantindo gordos contratos à STC para a produção de equipamentos com sua tecnologia ‘reed-relay’. Pelos antigos contratos assinados como o BPO, a STC poderia recorrer a Justiça para reparação de prejuízos. Assim, o Governo optou por fazer um último contrato com a STC em troca de sua saída do projeto. Finalmente, a última alteração desejada pelo Governo tinha a ver com o tamanho do mercado de telefonia pública.

De acordo com o grupo interventor, o mercado britânico se tornara pequeno, ou seja, o volume do mercado britânico comportava apenas um fabricante nacional de equipamentos de telefonia. Além disso, ele chegou a conclusão de que seria impossível conciliar os interesses de empresas rivais na finalização do projeto. Assim, apenas uma delas deveria ser escolhida para terminar o projeto e produzir os novos equipamentos. Após o exame prolongado do grupo interventor, e com a saída da STC, o Governo decidiu entregar a finalização do projeto a Plessey, que, como descrito em relatório técnico, era a empresa que estava mais adiantada na finalização dos seus módulos e já iniciara o planejamento da produção propriamente dita dos novos equipamentos. A GEC, com os problemas do processador, estava mais atrasada e lutou muito nos bastidores do Governo para continuar no projeto. Ela terminou conseguindo ao menos se tornar sub-contratada da Plessey.

A última mudança ocorreu mais tarde, em 1986, quando a GEC comprou a Plessey, formando-se então uma nova empresa que foi chamada então de 'GEC Plessey Telecommunication', ou simplesmente GPT. Isto ocorreu no entanto num período em que a criação do Sistema X já estava finalizada e seus equipamentos sendo vendidos para a BT, de modo que tal mudança não teve grande repercussão na criação do novo sistema.

V.2.f - Finalização do projeto e os primeiros resultados

Com a nova configuração dos atores locais, a BT (ex-BPO) foi afastada do comitê deliberativo do projeto do 'System X', e o Governo aplicou uma política rigorosa com relação aos gastos com o projeto de modo a obrigar a Plessey e a GEC trabalharem para finalizar o novo sistema seriamente e de forma comercial, diminuindo seus custos e aumentando a eficiência da produção dos novos equipamentos.

Os primeiros testes ocorreram em 'Baynard House', Londres, com uma central telefônica 'Tandem' em 1980, em uma central local em 'Woolbridge' em 1981 (Molina, op.cit., p63). O início da produção do novo sistema começou de fato em 1985,

quando foram instaladas 100 mil novas linhas com equipamentos utilizando a tecnologia do 'System X'. Dez anos depois, 23 milhões de linhas digitais entraram em operação na rede telefônica britânica, comprovando o sucesso da nova tecnologia.

Cabe aqui uma observação: malgrado a forma incompleta ou empobrecida com que o contexto político e econômico maior é tratado sob a perspectiva 'internalista', esta é essencial para entendermos a história do projeto 'System X'. Seu desenvolvimento não foi tão somente resultado das 'condições pré-existentes' ou de dinâmicas sociais 'externas' (como vistas no Capítulo IV), mas também fruto da interação entre inúmeros atores envolvidos com o setor de telefonia, que percebiam as condições *a seu modo* e negociavam *ativamente* com outros participantes com vistas a levar adiante o projeto britânico. Como se verá, isto é igualmente verdadeiro para os casos sueco e brasileiro

V.3 - A criação do sistema digital na Suécia

O primeiro plano do novo sistema surgiu em 1971, ainda como um projeto de especificações que descrevia as características desejadas para um equipamento local, em termos do que deveria ser capaz de fazer, para que tipo de uso e dos custos aceitáveis (Meurling, 1984, p38). Esse plano inicial tinha sido escrito por um grupo de cinco engenheiros, entre eles John Meurling, um dos principais promotores do novo sistema. O plano inicial foi entregue então à Ellemtel. Esta empresa, como já foi descrito, seria responsável pelo desenvolvimento do novo sistema e fora criada pela Ericsson e Televerket. Na verdade, conversações entre estas duas tendo em vista um projeto conjunto ocorreram bem antes, em 1968, e envolveram os mais altos escalões das duas empresas. Após considerações minuciosas foi acordado que a melhor maneira de trabalharem juntas no projeto de um novo sistema era a criação de uma nova empresa. Em junho de 1970, foi fundada a 'Ellemtel Utvecklings AB', uma companhia cujo controle acionário estava nas mãos das duas fundadoras de forma equitativa.

V.3.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para o departamento de 'marketing' da Ericsson – cuja posição devia, provavelmente, espelhar as preocupações comerciais da alta direção da empresa – a nova central local deveria ser uma opção mais avançada que os equipamentos 'crossbar' tradicionais, a família dos 'ARE's, porém mais barata que o sistema híbrido 'crossbar' com controle 'SPC' que ela vinha desenvolvendo, a família dos 'AKE's. A Ericsson percebia que seus equipamentos locais de grande porte (grande capacidade de linhas) eram muito caros porque os controles 'SPC', criados até então, exigiam grandes investimentos iniciais das companhias operadoras, até que seus benefícios pudessem ser sentidos. Na visão da Ericsson, isso representava uma barreira para a comercialização de seus sistemas híbridos com 'SPC'. Por outro lado, os equipamentos locais de pequeno porte do tipo 'crossbar' tradicional já tinham se tornado relativamente limitados. Nas palavras de Meurling, "A tecnologia dos circuitos eletrônicos estava se desenvolvendo rapidamente – custos com memória, em particular, estavam se reduzindo dramaticamente. Os custos de manuseio – todas as formas de manuseio, projeto, teste, modificação, correção de falhas, produção, instalação, operação e manutenção – dos nossos produtos com 'SPC' então existentes eram, nós sentíamos, inaceitavelmente altos para aplicações gerais. Nossos produtos não tinham poder real de competição. Em certas situações competitivas, sentíamos que nossas chaves 'crossbar' e 'codebar' eram consideradas como lentas e passé... não surpreendia que entre nós algumas idéias estavam começando a germinar. Idéias não somente para um novo sistema de controle, mas para um novo sistema de chaveamento, baseado em novos conceitos" (Meurling, *op.cit.*, p36, citado por Molina, 1990, p51). Em termos simples, os sistemas antigos já não apresentavam o apelo comercial da novidade que os novos sistemas eletrônicos tinham e estes, por sua vez, eram muito caros. Em suma, para a Ericsson o projeto representava, inicialmente, a pesquisa por uma central local de telefonia que tornasse mais barato um sistema híbrido com 'SPC', uma vez que suas vantagens em termos de flexibilidade e qualidade dos serviços já eram vistas como evidentes. A Ericsson desejava evitar a perda de concorrências importantes como aquela em que foi derrotada pela ITT na Austrália em 1969, como já foi assinalado.

Para a Televerket, a nova central de telefonia deveria tornar mais baratos os custos dos novos equipamentos híbridos que utilizassem controle ‘SPC’. Ela própria tinha produzido um sistema similar ao da Ericsson, o ‘A210’, e encontrara problemas similares aos ‘AKE’s da Ericsson. Eram problemas relacionados com custos de produção, instalação, utilização e, principalmente, de manutenção, já que a estatal sueca também era uma companhia operadora. Ela encontrara dificuldades sérias para operar os novos sistemas. Para ela, em suma, a nova central deveria ser mais barata para fabricar, e mais simples para implementar, usar e manter.

Para o Governo, o projeto da nova central era importante porque a Suécia se manteria na ponta da tecnologia de telefonia. O Governo percebia como estratégico para o país que suas empresas estivessem na vanguarda dessa tecnologia. Além disso, é claro, o apoio à iniciativa do projeto garantiria à rede sueca equipamentos e serviços mais avançados e de qualidade. Neste sentido, o Governo tinha contribuído para o projeto ao modificar o estatuto da estatal Televerket, permitindo que ela pudesse administrar outras empresas, no caso a Ellemtel, criada em conjunto com a Ericsson em 1970.

Para os cientistas e engenheiros da Ellemtel, como é característico nesse campo, o projeto do novo sistema era considerado como um desafio científico e técnico que colocaria a Suécia, como também era esperado pelo Governo, na vanguarda tecnológica no setor de telefonia. Havia, porém, um detalhe que talvez, ou melhor, com certeza, não devia agradar os cientistas e engenheiros da Ellemtel. As especificações gerais e o seu detalhamento inicial na forma de soluções técnicas foram esboçados primeiro pela Ericsson e Televerket, através do plano inicial de especificações desejadas. Essa forma de projetar era diferente da que tinha sido realizada até aquele momento. O sistema híbrido AKE-13 da Ericsson, por exemplo, fora uma criação do departamento ‘técnico’ da empresa e, claro está, refletia muito mais as preocupações dos engenheiros de projeto, de como eles viam as novas técnicas e as combinavam com as necessidades de um novo sistema. O projeto da nova central, em contraste com o anterior, era fortemente influenciado pelas especificações dos *vendedores* e *divulgadores*. Neste sentido, parte do trabalho dos cientistas e engenheiros da Ellemtel estava sendo, de certo modo, “usurpado” por aqueles que trabalhavam em

comercialização e ‘marketing’. Não é difícil suspeitar que isso deve ter provocado conflitos entre a Ellemtel e as outras duas empresas, em particular, a Ericsson. Apesar de John Meurling não revelar com clareza os motivos dos conflitos que afirma terem ocorrido durante o desenvolvimento do projeto, me parece claro que uma parte deles deve ter girado em torno da estratégia para escolher as soluções técnicas mais adequadas para o novo sistema.

V.3.b - O nascimento do novo projeto

Quando a Ellemtel fora criada, seu papel tinha sido definido como o de ‘atender às empresas clientes’ – a Ericsson e a Televerket – e, assim, projetar e desenvolver o que elas desejassem. A primeira, em particular, fazia o papel de ‘cliente mundial’, pois ela precisava de um sistema que fosse adequado para todos os mercados em que ela participava. Assim, a Ericsson desejava que o novo sistema fosse “escrito pelo mercado” (Meurling, *op.cit.*, p38), ou seja, o que ela atendia. A Televerket, por sua vez, queria que a nova central atendesse o seu mercado, a rede telefônica sueca. Entre suas exigências, estavam a de que a manutenção se tornasse mais eficiente, rápida e barata. As duas visões levaram o projeto a ter, inicialmente, duas especificações de requisitos diferentes: uma da Ericsson e outra da Televerket.

A Ellemtel era dividida em quatro departamentos, um deles responsável pelo projeto do novo sistema. O chefe deste era o B-G Magnusson, que conduziu o projeto A-210 da Televerket até 1968 (Molina, *op.cit.*, p52). A seguir ele trabalhou durante dois anos na Ericsson no projeto AKE-13, em particular, ele lidou com o conceito de ‘processamento funcionalmente distribuído’ usando técnicas de multiprocessamento com vários processadores acoplados em paralelo. Aqui podemos rastrear o início da iniciativa das duas empresas suecas: ao levarem Magnusson da Televerket para a Ericsson elas pretendiam fazer com que esse engenheiro passasse a conhecer melhor a cultura e o ambiente técnico da Ericsson, antes da criação da nova empresa, e, assim, pudesse se tornar a pessoa apropriada para liderar o desenvolvimento do novo projeto na Ellemtel, que seria fundada mais tarde (Meurling, *op.cit.*)³.

³ É preciso aqui desconfiar um pouco da narrativa de Meurling, já que é uma ‘história dos vencedores’.

Durante dois anos, de 1970 a 1972, as duas empresas negociaram com a Ellemtel as especificações do projeto da nova central telefônica, e chegaram a determinadas estratégias de soluções técnicas que permitiriam acomodar suas visões diferentes. Eram, basicamente, duas e estavam estreitamente relacionadas entre si:

1^a) o projeto deveria adotar uma abordagem modular para achar as soluções técnicas mais adequadas para cada caso. Ou seja, como já foi assinalado, o desenvolvimento das diversas partes do sistema, tanto de ‘hardware’ como de ‘software’, deveriam ser visualizadas como módulos relativamente autônomos. Essa abordagem permitiria criar blocos independentes que fossem adequados para determinadas redes telefônicas de acordo com a necessidade.

2^a) dentro dessa abordagem modular, as funções deveriam ser definidas antes de serem escolhidas as soluções técnicas para executar as funções. Isto é, o projeto deveria primeiro definir as funções telefônicas necessárias e daí os blocos de funções e seus sub-sistemas, todos relativos às exigências das companhias operadoras. Realizado esse primeiro passo, o projeto definia então as soluções técnicas mais adequadas para aquele conjunto de sub-sistemas e blocos de funções.

Essa maneira de projetar as soluções técnicas – comum atualmente, mas revolucionária na época – permitia que o projeto pudesse definir a nova central de modo a torná-la mais fácil de ser desenvolvida, fabricada e testada, instalada, mantida e documentada. Como afirma Meurling, um projeto com semelhantes propriedades, obviamente, seria também “mais fácil de vender” (op.cit., p40). Além disso, é claro, tais estratégias possibilitavam ao projeto conciliar as especificações da Ericsson e Televerket, permitindo a essas empresas o desenvolvimento de módulos e pacotes ajustados a suas necessidades específicas, sem encarecer demasiadamente o novo sistema.

Após dois anos de negociações, o projeto inicial ficou pronto em 1972. Ele já não era, porém, um projeto de apenas uma central local de telefonia, mas se transformara no projeto de um novo sistema de telefonia. As negociações entre as três empresas ocorreu de tal forma que se tornaria anti-econômico utilizar a abordagem

revolucionária, idealizada no projeto, somente para um dos equipamentos de um sistema global de telefonia. O projeto crescera e já definia a construção de todos os equipamentos para um sistema integrado de telefonia, como os equipamentos de pequeno e grande porte, locais, ‘tandem’, de trânsito e os ‘remotos’. Este último tipo precisa ser melhor explicado aqui. Com a utilização de multiplexadores (concentradores) de linhas, a central local poderia ser sub-dividida em concentradores remotos que realizariam parte das operações de um equipamento local tradicional, porém estando longe deste e mais próximos do local dos usuários assinantes, por isso, o termo ‘remoto’. Desse modo, uma grande economia de cabos poderia ser feita, pois os equipamentos remotos poderiam concentrar até 30 ligações telefônicas em um único fio. Isso era possível, porque o projeto utilizava a técnica ‘PCM’ de comutação digital combinada com a técnica ‘TDM’ de transmissão digital, esta já bastante utilizada desde a década de 60.

Interrompo por um momento a sequência da análise, para observar que a perspectiva ‘internalista’ focaliza com clareza o processo de transformação do projeto e dos agentes envolvidos, que nunca estão “dados”, mas vão se constituindo à medida que os atores negociam e improvisam as soluções para o projeto. A perspectiva ‘externalista’ tende a não “enxergar” esse processo.

Embora os sistemas eletrônicos já fossem vistos como a tecnologia do futuro na área de telefonia, eles ainda eram considerados na prática como muito complexos e caros, e difíceis de serem implantados e operados. Por exemplo, a mesma ITT, que derrotara a Ericsson na concorrência da Austrália, como já foi mencionado, teve tremendas dificuldades para instalar e pôr em funcionamento o seu sistema híbrido Metaconta 10C (‘reed-relay’ com ‘SPC’). A empresa ganhara a concorrência em 1969 e não conseguira colocá-lo em operação normal antes de 1974 (op.cit., p113)

Em resumo, o projeto definia as seguintes características para o novo sistema, que apresentaria:

- a) controle eletrônico por programas armazenados (SPC);

- b) capacidade de oferecer ampla gama de serviços, funções de operação e manutenção;
- c) arquitetura modular, em que blocos – por exemplo, para adição de novos terminais de assinantes, novos tipos de serviços, funções de operação, manutenção, novas tecnologias, entre outras coisas – fossem fáceis de serem desenvolvidos e implementados;
- d) capacidade para até 40.000 terminais por central;
- e) capacidade de tráfego de 0,10 Erlangs ou 144.000 BHCA;
- f) todos os tipos de equipamentos de telefonia – remoto, local, ‘tamdem’, de trânsito;
- g) facilidade para ser manuseado em todas as fases do desenvolvimento, instalação e operação.

V.3.c - O sinal verde para o início oficial do projeto

As empresas suecas tinham, no entanto, outras opções. Basicamente, elas eram três ao todo: a) aprimorar os sistemas ‘crossbar’ tradicionais; b) aprimorar os sistemas híbridos (‘crossbar’ com ‘SPC’); e c) desenvolver o novo sistema. As duas primeiras alternativas representavam soluções mais rápidas e baratas, porém eram limitadas e resolviam apenas temporariamente a falta de um sistema mais avançado e competitivo para a Ericsson e Televerket. A terceira alternativa, a do novo sistema, previa um custo de desenvolvimento de 50 milhões de dólares, e um tempo de, no mínimo, cinco anos, antes que o primeiro equipamento, com a nova tecnologia, estivesse pronto e testado para utilização e comercialização (op.cit., p42).

O risco, em especial para a Ericsson, era ter de confiar nos seus sistemas ‘tradicionais’ por, no mínimo, cinco anos antes de produzir um produto presumivelmente mais avançado, num mercado mundial que evoluía rapidamente. Valeria a pena correr esse risco? Não existiam garantias de que o novo sistema fosse de fato funcionar como desejado. Por outro lado, o risco era de não ter nenhum sistema alternativo dentro de poucos anos, e se ver numa situação parecida com a das empresas

britânicas no final da era Strowger. Segundo estudos de mercado da Ericsson, no início dos anos 70 a ITT estava comercializando o seu sistema Metaconta com algum sucesso, empresas japonesas o sistema híbrido 'D10', a Philips holandesa já conseguia os primeiros contratos para o seu sistema híbrido 'PRX' ('reed-relay' com 'SPC'), a Western Electric americana comercializava o primeiro sistema 'ESS', e a CIT-Alcatel introduziu os primeiros equipamentos 'E-10' na França, com chaves digitais (op.cit., p43).

Felizmente, para o projeto, o diretor do departamento de equipamentos de telefonia da Ericsson, Hans Sund, estava resolutamente decidido a apoiar o projeto e contribuiu com firmeza para convencer os grupos que a ele se opunham, tanto na Televerket quanto na própria Ericsson, da necessidade imperiosa do novo sistema.

A estratégia da Ellemtel, a partir de 1972, foi avançar o novo sistema de modo gradual e seguro e, ao mesmo tempo, preparar uma entrada triunfal e certa da nova tecnologia no mercado. Porém, houve alguns problemas.

V.3.d - O rápido desenvolvimento do projeto

Ainda em 1972, um novo relatório crítico sobre o projeto foi produzido e outro em 1973. Ambos questionavam três problemas básicos do novo sistema: a) os custos de produção eram considerados altos pela Ericsson e Televerket no caso dos equipamentos de pequeno porte; b) a capacidade total de tráfego estava um pouco baixa, pois o projeto reduzira a especificação inicial; c) a confiabilidade não era muito alta, já que o controle com 'SPC' empregava um processador em tempo real e este poderia falhar a qualquer momento, o que poderia prejudicar o funcionamento de toda uma central telefônica.

De acordo com a experiência da Ericsson no mercado, a quantidade média de terminais dos primeiros equipamentos instalados pelas companhias operadoras era de aproximadamente 2.000 linhas. Neste nível, o novo sistema ainda se mostrava excessivamente caro. Esse primeiro problema não foi, entretanto, resolvido pela Ellemtel. Os próprios preços dos componentes eletrônicos, em queda paulatina, se

encarregaram de diminuir sua importância. Além disso, estudos feitos pela mesma empresa também demonstravam que havia crescido muito a demanda por substituição de equipamentos obsoletos, em geral de tecnologia Strowger, por equipamentos com tecnologias mais avançadas. Estes eram, em geral, de grande porte, pois as cidades que instalaram aqueles primeiros equipamentos tinham crescido muito e se tornado grandes centros populacionais, como o Rio de Janeiro, por exemplo, bem como muitas outras grandes cidades do mundo inteiro. Por último, a solução de separar da central local vários equipamentos remotos – os concentradores de linhas –, tornava relativamente mais baratas as aplicações em regiões populacionais menos densas. Em suma, o custo do novo sistema já se fazia vislumbrar como bastante econômico dentro em poucos anos.

Quanto a capacidade de processamento, ela foi simplesmente aumentada para alcançar a demanda de tráfego desejada. Isso determinaria, no entanto, um custo maior de sua produção. As considerações de custos, como já deve estar claro para o leitor eram centrais na estratégia da Ericsson.

A decisão sobre o processador foi difícil e demorada porque os cientistas desejavam aprimorar as técnicas de multiprocessamento, consideradas como o futuro dos processadores de grande porte (Klim, entrevista feita em 20/10/89). Eles estavam certos. Atualmente, o processamento distribuído é a solução mais utilizada. Naquele tempo, no entanto, ele também era uma solução revolucionária cheia de incertezas no tocante ao real funcionamento. Era um caso típico em que “a teoria na prática era outra”. Vários problemas quanto ao funcionamento dessas técnicas já tinham aparecido nos sistemas A-210 e AKE-13, que as duas empresas desenvolveram com grandes dificuldades.

O AKE-13, por exemplo, era um sistema híbrido de chaves ‘crossbar’ com controle ‘SPC’ para equipamentos de grande porte de trânsito nacional e internacional, e tinha capacidade para até 64 mil terminais. Seu processador tinha um configuração de multiprocessamento capaz de colocar até 8 processadores centrais para trabalhar em paralelo. Esse sistema apresentava, porém, problemas sérios de capacidade, a

programação era muito complexa e, mesmo com um único processador, o sistema resultava ser muito caro. Uma versão posterior, AKE-11, para funcionar como central local era igualmente caro. Ainda assim, a Ericsson conseguiu vender alguns poucos equipamentos da série: em 1971, um AKE-13 com um único processador entrou em funcionamento em Roterdam; mais tarde, outro com dois processadores no México e, ainda outro, com três processadores, na Holanda (Molina, 1990, p50).

A solução adotada foi original. Antecipando-se em vários anos uma tendência que se tornaria mundial, a Ellemtel projetou um processador parcialmente ‘distribuído’ em dois níveis: o primeiro, onde havia um processador central de grande porte, convencional, para as tarefas e funções telefônicas de complexidade média ou alta; e o segundo nível, onde o processamento das tarefas frequentes, repetitivas e de pequena complexidade (por exemplo, a varredura dos terminais para verificar se alguém levantou o gancho) era executado por inúmeros pequenos processadores ‘periféricos’. O objetivo da Ellemtel era simplesmente de evitar a necessidade de um processador de porte excessivo que, no final, seria sub-utilizado e, portanto, mais caro que o necessário.

A experiência anterior da Ericsson e da Televerket foi, portanto, decisiva na rejeição da técnica de multiprocessamento, com a qual elas não tinham conseguido obter os resultados esperados (serviços de qualidade e mais avançados, manuseio fácil e custo aceitável). A Ellemtel, sob pressão das duas “mães”, desejava um processador o mais simples possível. Não por acaso, a primeira versão seria de um processador central convencional cuja capacidade ficava aquém do especificado inicialmente.

Finalmente, o último problema, o da confiabilidade do novo sistema, foi resolvido sem grande novidade, adotando a solução da maioria dos outros sistemas de telefonia. O processador do sistema foi duplicado, tanto o central quanto os periféricos, de tal modo que qualquer falha podia ser detectada em funcionamento e o processador ‘gêmeo’ entrar em operação tão logo isso ocorresse. Com isso, a Ellemtel garantiu a especificação de 2 horas de falhas em 40 anos, estabelecida pela CCITT como padrão internacional. A par disso, o sistema assegurava uma disponibilidade para qualquer ligação telefônica de 99,98 % das tentativas.

Como o projeto já projetava um futuro ‘digital’, em que componentes eletrônicos substituiriam totalmente os eletromecânicos, a Ellemtel planejou o módulo das chaves com a seguinte estratégia: num primeiro momento, enquanto as chaves eletrônicas não fossem econômicas, o novo sistema empregaria as chaves eletromecânicas ‘reed-relay’; num segundo instante, quando os preços dos componentes eletrônicos tivesse se reduzido o suficiente, esse módulo com chaves ‘reed-relay’ poderia ser substituído pelo das chaves eletrônicas, sem alterações substanciais do sistema como um todo. Era uma estratégia gradualista, que apresentava duas vantagens de ‘marketing’. Primeira, a Ericsson poderia divulgar o novo sistema como eletrônico que, entretanto, ainda empregava as chaves ‘reed-relay’, já testadas e comprovadas em centrais que funcionavam no mundo todo. A segunda vantagem é que o mesmo sistema poderia adotar as chaves digitais tão logo elas se tornassem confiáveis aos olhos das companhias operadoras e, é claro, comercialmente viáveis.

Essa estratégia por etapas foi responsável pela definição do tipo de chave utilizada. Os cientistas tinham diversas opções, mas somente uma delas – a ‘reed-relay’ com oito pólos (eight-pole reed-relay) – se adequava à técnica digital de chaveamento. Isto é, como a Ellemtel já previa a substituição das chaves eletromecânicas por eletrônicas em futuro próximo, ela definia o projeto de maneira que uma chave eletromecânica pudesse funcionar dentro de um sistema digital. Pode parecer estranho, porém em termos técnicos isso é perfeitamente possível. Assim, o projeto da nova central definia um sistema digital que empregaria, inicialmente, chaves eletromecânicas ‘reed-relay’.

A linguagem de programação bem como o sistema operacional seguiam, evidentemente, a estratégia de definição e construção do novo sistema. Tinha estrutura totalmente modular, e as funções e blocos de funções, definidas previamente, se tornavam módulos autônomos auto-contidos, que podiam ser programados e alterados posteriormente. Tais módulos funcionavam com base de dados própria e podiam se comunicar com os outros por meio de sinais padronizados. A linguagem de programação – PLEX (programming language for exchanges) – foi definida desde o

início para lidar com funções telefônicas e facilitar a construção de programas claros e fáceis de serem desenvolvidos, modificados e documentados. Anos mais tarde, a Ellemtel submeteu a linguagem criada à CCITT para torná-la padrão mundial. Ela foi aceita com algumas modificações e passou a ser denominada de CHILL (CCITT high level language).

É importante ressaltar novamente que a arquitetura modular do hardware e software surgiu como resultado da estratégia de enfatizar no projeto as funções e conjuntos de funções. Uma vez estes estivessem definidos e hierarquizados, os engenheiros passavam a examinar quais as soluções técnicas que melhor os executariam. Por exemplo, se as soluções mais adequadas eram via hardware, o projeto as definiam assim, se fosse via software, estas eram adotadas. Nesse sentido, o ‘hardware’ refletia a estrutura criada para o ‘software’ (Molina, 1990, p11).

V.3.e - O lançamento do novo sistema e as primeiras vendas

As empresas suecas desejavam que o novo sistema fosse competitivo quando ainda utilizasse as chaves eletromecânicas. Nesse sentido, a estratégia de venda do novo sistema era, em parte, como já foi assinalado, divulgá-lo como um sistema ‘SPC’ que ainda usava chaves ‘reed-relay’, mas que poderia ser atualizado com chaves eletrônicas tão logo elas se tornassem viáveis. Por outro lado, a Ericsson tinha consciência que somente colocando em funcionamento equipamentos com a nova tecnologia é que o novo sistema ganharia o interesse de potenciais consumidores e poderia ser comercializado com sucesso. Assim, desde o início formal do desenvolvimento do projeto, em 1972, mal o projeto iniciara, a Ericsson já se preocupava e armava a melhor forma de garantir o sucesso comercial do novo produto. Primeiro, ela definiu, em conjunto com a Televerket, uma cidade próxima de Estocolmo que pudesse ser um local de fácil acesso a visitantes estrangeiros. Além disso, a central com a tecnologia AXE-10 deveria ser de pequeno porte e instalada numa construção ampla que pudesse ser utilizada para exposição para os futuros consumidores – diretores e gerentes das companhias telefônicas – com uma sala para pequenas exposições (Meurling, 1984).

Mas a Ericsson precisava mostrar que o novo sistema funcionaria bem “fora de casa” também. Um contato pessoal de Meurling deu a Ericsson a chance que lhe faltava. Era o diretor de uma companhia telefônica da Finlândia, que garantia a aquisição de um equipamento com a nova tecnologia tão logo ficasse pronta. Assim, em março de 1977 a primeira central AXE-10 entrou em serviço em Turku, Finlândia (Meurling, op.cit., p111).

Uma oportunidade excelente surgiu em 1978 e contribuiu decisivamente para o sucesso do novo sistema. A Arábia Saudita instaurou em 1978 uma concorrência internacional para a compra de um sistema de telefonia completo para o país. A Ericsson e a Philips se associaram para propor um pacote conjunto e, em 1979, elas foram consideradas as vencedoras da concorrência. A partir de então a comercialização do sistema AXE-10 foi rápida, atestando o sucesso da nova tecnologia a nível mundial. Atualmente a Ericsson vende equipamentos AXE-10 para mais de 100 países do mundo inteiro, com mais 79 milhões de linhas instaladas (ver Tabela IV.2).

V.4 - A criação do sistema digital no Brasil

O projeto do sistema brasileiro de telefonia surgiu pela primeira vez em 1976, ano em foi fundado o ‘Centro de Pesquisas da Telebrás’. o CPqD, e chamava-se ‘Siscom II’ (sistema de comutação). O CPqD planejava a construção de um sistema inteiramente digital de telefonia, chamado de ‘central telefônica temporal controlada por programas armazenados’, ou simplesmente ‘central CPA-T’.

V.4.a - O novo projeto na visão dos agentes envolvidos

Para o Governo, o projeto do sistema digital de telefonia brasileiro inscrevia-se na política industrial maior, que tinha como objetivo primordial a criação de uma indústria nacional em concomitância com a capacitação tecnológica em setores considerados essenciais, como a petroquímica, a microeletrônica e as telecomunicações. Nesse sentido, a Telebrás desejava que a indústria brasileira de telecomunicações, que ainda iria ser criada, utilizasse as tecnologias mais avançadas, entre elas a tecnologia

digital para centrais telefônicas. Sua intuição era de que no futuro todas as centrais seriam digitais, assim, só se justificaria a criação de uma indústria para o setor se ela desenvolvesse desde o começo pesquisas em sistemas digitais (Graciosa, 1990).

Para os estudantes, cientistas e engenheiros que estavam envolvidos com a área de telecomunicações o projeto representava uma grande oportunidade de se especializarem numa área científica e técnica de ponta e, principalmente, um enorme desafio no sentido de construir um sistema de telefonia praticamente do nada, já que muito pouco havia sido feito anteriormente em termos de P&D na área de telefonia. Governo e cientistas estavam inteiramente de acordo em um ponto: a estratégia de P&D em telecomunicações deveria alterar o quadro de dependência tecnológica do país (Furtado, 1990).

Para as empresas multinacionais, como Siemens, Ericsson e NEC, entre outras, o projeto brasileiro era visto como ameaça potencial a seus interesses comerciais. Porém, bem no início, elas provavelmente não o levavam muito a sério, pois a tarefa de criar um grupo de pesquisas que fosse capaz de desenvolver um sistema digital de telefonia era vista por todos como extremamente difícil. O que as preocupava mais era a política industrial do Governo de buscar a “nacionalização” da produção de equipamentos e insumos. Elas deviam concordar com a política desde que houvesse facilidades e incentivos suficientes para instalarem e desenvolverem a produção de insumos e equipamentos no Brasil como empresas “brasileiras”.

V.4.b - O nascimento do projeto e a fundação do CPqD

O projeto brasileiro nasceu de pesquisas exploratórias desenvolvidas por iniciativa da Telebrás, o monopólio estatal fundado em novembro 1972, que começaria a operar a rede telefônica brasileira a partir de então. A origem do projeto pode ser rastreada nos passos de Luiz de Oliveira Machado, o primeiro chefe do departamento de P&D da Telebrás, bem antes da fundação do CPqD. Ele era um engenheiro elétrico com especialização em telecomunicações. Luiz de Oliveira Machado e Luiz Carlos Bahiana foram os primeiros promotores do futuro projeto brasileiro.

Pouco antes da fundação da Telebrás, o Ministério das Comunicações (Minicom) havia pedido aos diversos órgãos setoriais que apresentassem seus planos de pesquisa e desenvolvimento, que iriam compor o ‘1º Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico’ - PBDCT (Machado, 1990, p177). Nas palavras de Machado, “a solicitação do 1º PBDCT nos colocou numa situação curiosa, que foi a de ter que elaborar um primeiro plano de P&D a ser implementado pela Telebrás, antes mesmo da sua criação. Este trabalho foi feito basicamente por mim e por Luiz Carlos Bahiana, já então definido como o primeiro diretor técnico da Telebrás, e que havia me convidado para chefiar o futuro Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás (DPD). Eu havia trabalhado por seis anos como engenheiro da Marinha no seu programa de desenvolvimento tecnológico, e trazia, portanto, uma razoável experiência na área. Bahiana, na condição de secretário do Minicom, já tinha iniciado alguns contatos com grupos universitários. Resolvemos basear nosso primeiro programa nos grupos universitários que tivessem vocação ou trabalhos já iniciados na área. Não cogitamos de formar imediatamente um centro de P&D, porque consideramos que os recursos iniciais eram escassos, e, usando o potencial dos grupos universitários, poderíamos multiplicar os recursos humanos e atingir alguns resultados concretos enquanto a Telebrás se implantava, dando tempo a que as idéias amadurecessem e se pudesse formular com mais segurança a estratégia e o modelo institucional de P&D para o setor de telecomunicações.” (Machado, 1990, p177).

Como já foi dito no início, a necessidade de criar um sistema brasileiro de telefonia ainda não era evidente no Brasil nos anos 70, à medida que o projeto foi sendo desenvolvido sua necessidade foi gradualmente se constituindo. Assim, criada a Telebrás, sob a presidência de Euclides Quandt de Oliveira, foram logo alocadas as verbas necessárias, e o DPD pode iniciar rapidamente a contratação de projetos com os grupos universitários, que eram quatro:

- 1) área de comutação digital – FDTE/ USP;
- 2) área de transmissão digital – DEE/ Unicamp;
- 3) área de comunicações óticas – Instituto de Física/ Unicamp;
- 4) área de antenas e propagação – Cetuc/ PUC-Rio e ITA.

O objetivo desse programa de P&D da Telebrás era, basicamente, a) a formação e multiplicação de recursos humanos qualificados; b) a obtenção de resultados concretos em termos de produtos; c) a identificação de oportunidades tecnológicas; e d) a criação de bases para subsidiar a definição do modelo institucional e da estratégia de P&D da Telebrás (op.cit., p178).

O primeiro dos grupos, o da Fundação de Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE/ USP), foi liderado pelo professor Hélio Guerra Vieira e produziu um protótipo de um pequeno sistema de comutação chamado Siscom, inteiramente digital (op.cit., p179). Embora não se tratasse ainda de um equipamento industrializável, o Siscom demonstrava claramente a viabilidade de se partir para o desenvolvimento de centrais digitais com aplicação comercial. O grupo contava com apenas 60 participantes. O plano de trabalho começou em setembro de 1973 e terminou em dezembro de 1976 (Borges et al., 1984, p1). O sucesso do protótipo, testado na Telesp em dezembro de 1975 (um importante ‘intermediário’), teve repercussão positiva entre as autoridades governamentais, que sentiram-se estimuladas a criar o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás (CPqD). É voz corrente que o próprio Presidente Ernesto Geisel teria se entusiasmado com esse sucesso e dado sinal verde para a criação do CPqD, que ocorreu no dia 1^o de Abril de 1976 (Borges et al., op.cit., p1; Hugueney, 1989, p11). Assim, o presidente Geisel era um aliado importante que o projeto conseguiu conquistar e fixar em sua ‘rede sociotécnica’. Vale salientar que esse tipo de conclusão é típico da perspectiva ‘internalista’ (em particular do enfoque ator-rede), que tende a visualizar o ator ‘presidente Geisel’ em função do projeto.

Com o apoio da Telebrás e a criação do CPqD, o caminho estava aberto para a ampliação do grupo inicial e para a implantação do projeto ‘Siscom II’, bem mais ambicioso que o anterior. Começou em março de 1977 e terminou, formalmente, em maio de 1981. “Ele deveria ser uma central de 1200 erlangs (para 10 mil assinantes, aproximadamente), o tamanho típico das centrais eletromecânicas da época.” (Hugueney, 1989, p11). O projeto, porém, enfrentou sérios problemas em suas redes local e global (técnicos e políticos/ econômicos).

V.4.c - Problemas do projeto na primeira tentativa

A mesma Portaria 661, que em 1976 tinha fundado o CPqD, definia também a política de divisão do mercado para a produção dos equipamentos de telefonia que seriam adquiridos pela Telebrás (op.cit., p11). Estabelecia que o sistema híbrido (CPA-E) seria fabricado por uma empresa totalmente brasileira - com tecnologia estrangeira comprada no mercado internacional - , para a qual já estaria reservado 40% do mercado. O sistema digital (CPA-T), por sua vez, seria desenvolvido pelo CPqD, com participação da empresa brasileira escolhida para fabricar o sistema híbrido e que deveria se transformar, mais tarde, na fabricante exclusiva de centrais digitais no Brasil.

Tal portaria acabou não sendo respeitada (op.cit., p12). As empresas multinacionais que detinham a tecnologia de sistemas híbridos (NEC, Ericsson, Siemens, ITT) pressionaram para entrar no setor, e para isso até inclusive se “nacionalizaram”, transformando-se em empresas “brasileiras”, embora continuassem a ser controladas por suas matrizes no exterior. A Ericsson, por exemplo, foi comprada pelo Grupo Monteiro Aranha, formando-se o grupo Matel (Monteiro Aranha Telecom). Elas constituíram ‘holdings’ que controlavam 50% do capital votante, entraram na concorrência e ganharam (op.cit., p12). Mais precisamente, a Matel SA (Ericsson) e a Sesa (ITT) ganharam e disputaram até o fim a venda das centrais CPA-E para a Telebrás.

Em consequência, nem se criou a empresa genuinamente brasileira para produzir o sistema híbrido, nem se preservou para o Brasil a pretendida fatia de 40% do mercado. “Faltou decisão política e as pressões acabaram mudando as regras do jogo.” (op.cit., p12). Ou seja, ‘jogos de poder e estratégias políticos “agiram” para moldar o Governo brasileiro’. Além disso, fatores contingentes também contribuíram para enfraquecer o apoio do Governo ao projeto no final da década de 70, como a crise econômica que se abateu sobre o país, e também o processo de democratização então em curso. Observe-se, novamente, que essas conclusões são típicas da perspectiva ‘internalista’. As

dinâmicas ‘externas’ são vistas sob a lógica de quem está lidando apenas com o novo projeto.

Embora o projeto Siscom II tivesse evoluído, foi praticamente abandonado em 1979. Entre as causas estavam a falta de recursos financeiros e pessoal qualificado. Além disso, o projeto era ambicioso para os recursos que dispunha. As conclusões descritas em relatório do CPqD, em 1980, revelam descrevem suas falhas, mas tentam minimizar o fracasso apresentando o projeto como um “projeto exploratório” (Borges et al., op.cit., p2). Basicamente, o Siscom II carecia de:

- a) interfaces mais padronizadas entre seus blocos e sub-sistemas;
- b) blocos construtivos básicos divididos por aplicação, não por capacidade de tráfego (modularidade);
- c) tecnologia de produto (desenvolver protótipos industrializáveis);
- d) estratégia mais adequada para enfrentar a escassez de recursos técnicos e financeiros.

Além disso, faltava a presença de uma empresa brasileira que apoiasse o projeto, desenvolvendo-o em conjunto com o CPqD, que não tinha condições de industrializá-lo. O CPqD não era uma empresa e, na verdade, a industrialização de tecnologias não era tarefa sua. Mas por outro lado, o projeto Siscom II teve um aspecto positivo: contribuiu para ampliar os recursos humanos qualificados na área de telecomunicações. Além disso, durante o projeto o Governo brasileiro estabeleceu um acordo de cooperação com a Itália para a) a transferência de tecnologia de filme espesso (placas de circuitos integrados); e b) o desenvolvimento de um processador de 16 bits (mais tarde abandonado em favor do 80286) (Hugueney, 1989, p12). Este último ponto do acordo revela com clareza a ambição do projeto Siscom II..

Concluindo, de acordo com a perspectiva ‘internalista’, o CPqD não conseguiu viabilizar os vários elementos do projeto Siscom II de forma a manter um apoio forte do Governo ao projeto. Em suma, o CPqD não viabilizou a rede local, não conseguiu neutralizar as multinacionais, nem conseguiu ‘alinhar’ o Governo ao projeto (rede

global), e, em consequência, o projeto não conseguiu se transformar em ‘ponto obrigatório de passagem’ dos atores e elementos envolvidos.

V.4.d - Mudanças no projeto e a estratégia gradualista

Diante das dificuldades apresentadas no projeto Siscom II, o CPqD adotou, a partir de 1980, uma estratégia gradualista. Primeiro, o grupo projetou o Trópico C, um concentrador de linhas. Caso fosse bem sucedido, eles buscariam desenvolver uma central telefônica de pequeno porte e, mais tarde, outra de grande porte. Tal estratégia se revelou adequada.

Para enfrentar a escassez de recursos e a pressão contrária das multinacionais o CPqD improvisou estratégias para proteger o desenvolvimento realizado, bem como criou soluções originais e baratas que viabilizaram a geração do sistema brasileiro. Duas delas ilustram bem o caso. Uma diz respeito ao processador do sistema, que empregava uma estrutura de processamento totalmente distribuída, pela associação de várias dezenas de microprocessadores pequenos e baratos – disponíveis no mercado desde o início da década de 80. Eles eram microprocessadores do tipo 8085 e, mais tarde, também 8088, 80286 e 80486. A solução imaginada era associar vários desses microprocessadores de modo a formar um ‘grande processador’ totalmente distribuído (Borges, 1985). “Com a evolução tecnológica e o aparecimento de microprocessadores comerciais num único circuito integrado LSI (integração em larga escala), se tornou possível a construção de sistemas de comutação com controle completamente distribuído, onde as funções de controle são providas por microprocessadores associados com pequenos grupos de circuitos terminais (linhas ou troncos). O emprego de controle completamente distribuído, adotado no Trópico R [e Trópico RA], possibilita o emprego de microprocessadores com requisitos de confiabilidade não tão elevados [e caros], software mais simples (cada microprocessador desempenha funções específicas associadas apenas ao grupo de órgãos controlados) e resulta em sistemas de confiabilidade global mais elevada porque a ocorrência de falhas só afeta pequeno número de órgãos.” (op.cit., p14). Podemos, claro está, desconfiar de avaliações feitas por engenheiros interessados no sucesso do sistema, como as acima, porém, o

importante a salientar é que o CPqD criou uma alternativa ao processador central de grande porte, provando-se (somente mais tarde, quando se tornou operacional) que este tipo de processador não era necessário.

A outra solução constitui particularidade do sistema brasileiro, e foi certamente uma das causas do seu sucesso no Brasil: ele era (e é) um ‘projeto de sistema’. Ou seja, ele era (e é) tão flexível que podia utilizar os componentes eletrônicos, e peças em geral, mais baratos que houvesse no mercado. Aliás, essa característica entrava em rota de colisão com a política de criação de uma indústria nacional de microeletrônica, desenvolvida em paralelo à geração da tecnologia de telefonia ao longo dos anos 80. Havia pressões para que o Sistema Trópico utilizasse somente peças e componentes fabricados pela indústria nacional. O fato é que, como o Sistema Trópico fora projetado para não depender de componentes eletrônicos locais ou especiais isso tornou possível que ele se beneficiasse do processo mundial de barateamento dos componentes eletrônicos. Foi, sem dúvida, um dos fatores que garantiu o sucesso comercial do sistema brasileiro no mercado nacional quando, mais tarde, ocorreu uma gradativa abertura desse mercado ao exterior, no início da década de 90, com a diminuição das tarifas de importação.

Um dos objetivos dessa estratégia era conseguir transferir para empresas brasileiras menores as tecnologias de pequenos equipamentos que já haviam sido criados, e projetar um concentrador de linhas, agora recriado de modo a viabilizar-se comercialmente. O Trópico C era um equipamento simples que podia ser ligado tanto às centrais eletromecânicas convencionais como aos novos sistemas híbridos. Servia para que as operadoras telefônicas pudessem obter economias no uso dos cabos telefônicos, uma vez que o dispositivo permitia concentrar até 30 ‘conversações’ num único fio. Em 1983, o protótipo industrializável do Trópico C foi submetido a testes de campo em sua configuração definitiva (Borges et al., 1984, p5). Esse pacote tecnológico foi transferido às empresas ‘Elebra SA’ e ‘P&D Sistemas Eletrônicos SA’, que passaram a produzir e comercializar o novo produto para a Telebrás e suas operadoras regionais a partir de 1984.

Em 1981, o Governo baixara a Portaria 215, retrocedendo da posição de 1976 e estabelecendo uma fatia de 40% do mercado de CPA-T para as empresas brasileiras (100% pela portaria anterior). Mesmo assim, essa reserva de mercado era vista como uma ameaça pelas empresas multinacionais que já dispunham de sistemas digitais, como a Ericsson com seu sistema AXE-10. Para impedir que o novo projeto viesse a ser bem sucedido, elas se declararam formalmente interessadas em participar dele, “mas argumentavam, nos bastidores lobistas, que era pretensioso, e jamais conseguiríamos concluí-lo” (Huguene, 1989, p12).

Assim, a estratégia do CPqD em relação à central de pequeno porte foi, primeiro, a de limitar a ambição do projeto, ligando-o à política de ‘interiorização das telecomunicações’ do então Governo Figueiredo. Desse modo, o projeto do Trópico R era, inicialmente, o de uma central telefônica de porte *diminuto*, idealizada para zonas rurais do país, com apenas 200 terminais, que poderia servir também como concentrador de linhas. Sendo o equipamento desse porte, o CPqD não teve problemas para selecionar uma pequena empresa para participar do projeto, pois seu porte desprezível não despertava maiores atenções das empresas multinacionais. Por meio desse artilo o CPqD conseguiu livrar-se das pressões daquelas empresas, adiando para mais tarde a decisão sobre quais empresas brasileiras participariam do desenvolvimento da central de grande porte; contornou, assim, também o problema político (op.cit., p13).

O projeto do Trópico R, desenvolvido entre março de 1981 e dezembro de 1984, “cresceu” e produziu uma central de porte não tão diminuto, já que permitia o gerenciamento de até 4 mil terminais. Aqui vale notar que a arquitetura modular e o controle totalmente distribuído permitiu esse “crescimento natural” (na realidade permitindo a estratégia gradualista do CPqD). O custo de todo o desenvolvimento (Trópico C e Trópico R) é avaliado por Borges em aproximadamente 55 milhões de dólares, gastos em 12 anos de 1973 a 1984 (Borges et al., 1985, p9). Aqui, novamente, temos de desconfiar um pouco da fonte, já que o engenheiro acima era parte interessada no projeto. Mas, mesmo que o custo fosse o dobro por exemplo, ainda assim ele seria extremamente baixo se comparado com o custo da geração de sistemas desenvolvidos no exterior (ver Tabela IV.2).

As mesmas empresas brasileiras que produziram o Trópico C - a Elebra e a P&D (Promon Eletrônica, mais tarde) - também participaram do Trópico R. Em 1985, essas duas empresas já comercializavam diretamente com as operadoras regionais da Telebrás, tendo vendido um total de 75 mil terminais. A primeira central do Trópico R entrou em operação em julho de 1986. Até 1989 já estavam em operação quase 600 mil linhas com as centrais do Trópico R (Vieira de Souza, 1989, p7).

V.4.d - A etapa mais ambiciosa do projeto

O grande sucesso do Trópico R deu ao CPqD e à Telebrás a credibilidade que necessitavam para pavimentar o caminho em direção ao projeto de um equipamento digital de grande porte. O CPqD contava agora com o apoio mais decidido do Governo e das empresas nacionais, as genuinamente brasileiras, cada vez mais interessadas em cooperar para o desenvolvimento do novo projeto, o do Trópico RA. Não por acaso, às duas empresas que produziam o Trópico R juntaram-se a Sesa e a STC (sem ligação, respectivamente, com a ITT americana e a STC britânica).

De modo similar ao caso sueco, o novo projeto, o do Trópico RA, incorporava fortes preocupações com as características da rede telefônica brasileira e com o modo de administrar das companhias operadoras brasileiras (subsidiárias da Telebrás). Graças à experiência com o Trópico C e R, o CPqD planejou a continuação da família Trópico de forma mais integrada com as operadoras telefônicas e com as empresas fabricantes. As características técnicas são similares às dos sistemas 'AXE-10' sueco e 'System X' britânico, como a 'modularidade' e o 'potencial evolutivo', com a importante excessão do tipo de processamento do controle da central. As características do projeto podiam ser assim resumidas (Borges et al., 1985, p13; Diaz, 1988, apênd. 3):

1. arquitetura modular e flexível para cobrir todas as aplicações e tamanhos requeridos pelas companhias telefônicas;
2. sistema preparado para acompanhar a evolução tecnológica e poder usufruir dos benefícios inerentes às tecnologias mais modernas;

3. especial preocupação com as especificações das operadoras brasileiras e com suas práticas usuais de operação e manutenção;
4. especificações particulares estabelecidas em conjunto com as operadoras brasileiras, mas sem deixar de seguir as recomendações da CCITT;
5. diversas facilidades para o trabalho de manutenção utilizando recursos modernos;
6. simplicidade de fabricação, com potencial para ser produzido de forma totalmente automatizada;
7. capacidade para atingir 35 mil terminais (1ª fase), e 100 mil terminais (2ª fase);
8. fornecimento de todos os serviços mais modernos, como RDSI (ISDN), redes virtuais, serviços automatizados, redes inteligentes, etc;

Ao contrário dos primeiros projetos, o CPqD trabalhou em conjunto com as empresas fabricantes desde o início, assim, em 1987 a arquitetura do 'hardware' do Trópico RA já havia sido definida e, com isso, os custos de produção da nova central já puderam ser calculados, de forma que as quatro empresas brasileiras já planejavam desde então sua industrialização (Huguenev, 1989, p11). Nesse projeto participaram cerca de 300 pessoas, entre cientistas, engenheiros, técnicos e pessoal de apoio.

V.4.e - Os resultados do novo sistema e sua comercialização

O projeto do Trópico RA começou oficialmente em 1986, sendo que a primeira fase terminou em 1990, e a primeira central entrou em operação comercial em 1991, instalada na cidade de Brasília. Seus custos diretos de desenvolvimento são calculados em torno de 35 milhões de dólares anuais (pessoal e infra-estrutura), o que resulta num montante de 210 milhões de dólares em cinco anos aproximadamente. Uma outra estimativa calcula que o custo total da família Trópico (C, R e RA) estaria em torno de 350 milhões de dólares (Cerqueira Leite, 1993, p191). Se compararmos essas cifras com os aquelas que foram despendidas com o sistemas produzidos fora do Brasil, o desenvolvimento do Trópico RA se revela muito barato (ver Tabela IV.2).

O lançamento do sistema Trópico teve forte impacto no mercado brasileiro de telefonia. "Quando o Trópico [RA] entrou no mercado em 1990, o preço unitário por

assinante de centrais digitais caiu de US\$ 1100 para US\$ 400 dólares. Em setembro de 1994 esse valor já estava em US\$ 190” (Revista Telebrás, set. 94, p147), subindo ligeiramente desde então. Não há dúvida de que a Telebrás economizou bastante desde então, “deixando-se de gastar US\$ 720 milhões ao ano na aquisição de centrais” (op.cit., p147). Com isso, se pôs a nu a política de cartel possivelmente adotada pelas empresas multinacionais do setor até 1990, quando o Trópico RA foi lançado. Tanto isso é verdade que no mercado americano esse mesmo tipo de central telefônica custava menos de 200 dólares por terminal, preços praticados pelas gigantes ATT e Nortel (Cerqueira Leite, 1993, p192). A Tabela V.1 mostra a receita propiciada às empresas fabricantes pelas centrais digitais Trópico nos primeiros anos da década de 90.

Tabela V.1 Receita Obtida com as Centrais Trópico

Receita (milhões de dólares)	1991	1992	1994
STC	10	31	80
Promon	40	68	261
Elebra ¹	60	-	-
Sesa ¹	114	-	-
Alcatel	-	354	355 ²
Total das empresas	224	453	696

Fonte: Anuário Telecom (Britto, 1996, p35).

¹ A Elebra e a Sesa foram compradas pela Alcatel em 1991 (Brito, op.cit, p 41).

² Esses números também incluem as vendas do ‘Sistema 12’ da Alcatel, porém como sua adaptação à rede brasileira se revelou bastante problemática (Brito, op.cit., p42), pressupõe-se que a receita de 94 seja na maior parte propiciada pelas centrais ‘Trópico’.

V.5 - Algumas conclusões

As três análises, feitas agora sob o ponto de vista ‘internalista’, permitem chegar a algumas conclusões sobre os três casos, e, ao mesmo tempo, sobre a perspectiva ‘internalista’. As conclusões sobre os três casos não diferem inteiramente das que foram obtidas utilizando-se a perspectiva externalista.

Pode-se perceber, no Capítulo IV, que a iniciativa dos três projetos partiu de grupos diferentes em cada caso. Aqui, porém, não nos referimos mais a “fatores” econômicos, políticos ou técnicos, mas, sim, à “iniciativa” de grupos sociais. Na Suécia, a iniciativa foi basicamente tomada pelos altos escalões das empresas Televerket e Ericsson, e, além disso, a estratégia da Ellemtel durante todo a evolução do projeto refletiu suas preocupações comerciais. No Brasil, a iniciativa nasceu de grupos políticos nacionalistas que atuavam dentro do governo militar e desejavam um desenvolvimento econômico com maior independência tecnológica. Inicialmente, o apoio do Governo foi fundamental, mas, uma vez criado o CPqD, ele foi capaz de desenvolver estratégias próprias com o objetivo de tentar criar o sistema brasileiro de telefonia, embora sempre contasse com a proteção do Governo via Telebrás. No Reino Unido, finalmente, houve conflitos sérios entre as diferentes estratégias do BPO, das empresas, do Governo e dos próprios cientistas e engenheiros, que se alteravam durante o projeto. Bem no início, foi o AGSD que tomou a iniciativa de promover o projeto, depois o BPO assumiu a tarefa com a ajuda do Governo. No fim, após o atraso no desenvolvimento do novo sistema, o Governo interferiu e entregou a finalização do projeto às empresas Plessey e GEC. Fica patente que o trabalho dos cientistas e engenheiros britânicos foi bastante prejudicado pelos conflitos entre os vários participantes do projeto.

Essa análise nos permite perceber com maior nitidez algumas fragilidades da perspectiva internalista. Primeiramente, ela enfatiza excessivamente o papel dos agentes da inovação. Isso pode ser considerado por dois lados. As escolhas e estratégias dos agentes tendem a ser vistas como os determinantes principais do curso de suas ações, o que não deixa de ter um lado verdadeiro; porém, quando superestimadas, elas podem acabar obscurecendo o fato de que suas iniciativas estavam condicionadas por fatores

estruturais maiores, isto é, não resultaram apenas de encontros e negociações casuais (dimensão *situacional* de Mouzelis), mas, também, foram frutos de interesses e comportamentos moldados pelas regras do contexto e de suas contradições estruturais (dimensão *posicional* e *disposicional*, ver Capítulo III). Embora esse contexto maior seja mostrado, pelo menos em parte, fica patente a falta de um modo mais sistemático de articular o contexto específico com a iniciativa dos grupos sociais. E somente com essa articulação se poderá entender porque os estratagemas e iniciativas foram tão diferentes nos três casos.

Por outro lado, como o foco da análise recai sobre o processo social que envolve o planejamento, a definição e a geração da nova tecnologia, isso pode obscurecer o fato de que os agentes da inovação estavam envolvidos em outras negociações e conflitos que pouco tinham a ver a tecnologia em questão. Por exemplo, o CPqD estava envolvido com o desenvolvimento de vários outros produtos e entabulava negociações sobre eles com o Governo e outras empresas. Outro exemplo, no longo período de negociações entre as empresas britânicas e o BPO, de 1970 a 1974, em que este buscava convencê-las a se associarem para desenvolver o projeto do novo sistema, o foco de análise centralizado na formação desse grupo oficial corre o risco de encobrir o fato de que os conflitos entre empresas e BPO tinham muito pouco a ver com o novo projeto em si, e muito mais, sim, com a definição sobre a divisão do mercado britânico e com a escolha do sistema interim ('crossbar' ou 'reed-relay'), que substituiria provisoriamente o velho sistema Strowger.

A segunda debilidade, portanto, é que a perspectiva internalista tende a eclipsar da análise a dinâmica particular das áreas econômica e política maior, que não pode ser examinada somente do ponto de vista dos agentes da inovação em relação ao processo específico de geração da tecnologia em questão. Em outras palavras, esta perspectiva encontra dificuldades para focalizar o processo de criação tecnológica – a dinâmica de suas estruturas e agentes particulares – como instrumento de jogos econômicos e políticos.

Em resumo, a análise sob a perspectiva internalista mostra com clareza que a forma e o sucesso dos projetos dependeram crucialmente dos estratagemas dos agentes da inovação para lidar tanto com os recursos sociais maiores (apoios econômico e político), quanto com os recursos científicos do setor de telefonia, como pessoal qualificado e infra-estrutura técnica. Ou seja, os projetos dependeram da criação de duas redes e das negociações e relações estabelecidas entre elas. Porém, torna-se claro, igualmente, que esses estratagemas precisam ser melhor articulados com o contexto estrutural de esferas sociais de atividades humanas não diretamente ligadas ao desenvolvimento das tecnologias.

Em suma, é preciso articular de alguma maneira o contexto estrutural com as estratégias dos agentes. Essa maneira, apresentada no Capítulo III, consiste em examinar como o contexto particular de cada país propiciou aos agentes da inovação diferentes capacidades de transformação, e como esses agentes evoluíram num processo de moldagem recíproca.

Capítulo VI

Uma Abordagem Alternativa: Combinando as Duas Perspectivas

VI.1 - Introdução

Neste capítulo, analiso os três casos com uma combinação particular das perspectivas ‘externalista’ e ‘internalista’, desenvolvida no Capítulo III, procurando tirar proveito dos aspectos essenciais das duas perspectivas. Examino a situação dos agentes da inovação nas diferentes esferas sociais, de algumas das organizações maiores, dos três casos históricos, bem como as contradições estruturais das esferas sociais e de suas organizações. Alguns pontos – vistos pela perspectiva ‘externalista’ no Capítulo IV –, serão revistos de forma sucinta, ressaltando-se agora de forma explícita as características hierarquizantes das estruturas sociais. A seguir, retornarei às visões e estratégias dos agentes – examinadas no Capítulo V de acordo com a perspectiva ‘internalista’ – nas negociações em torno da concepção dos projetos, procurando relacionar então, para cada um dos três casos, as estratégias e iniciativas improvisadas pelos atores com o contexto hierarquizado e suas contradições estruturais.

VI.2 - As condições de existência dos projetos

Poderíamos considerar, como exercício de análise, que a demanda social por serviços telefônicos foi o fator principal que *impulsionou* o processo de geração dos novos sistemas de telefonia. Embora essa demanda possa parecer ‘externa’, à primeira vista, ela pode ser vista sob as duas perspectivas, a externalista e a internalista.

De acordo com a perspectiva externalista, pode-se admitir, sem muitas objeções, que os projetos dos sistemas digitais de telefonia, criados nos três países, nasceram por pressão da demanda crescente por novas linhas telefônicas e por serviços de melhor qualidade. Essa visão, em parte correta, de modo algum esgota a questão. Como se explicaria, digamos, a demanda por novos serviços, quando eles ainda não existiam?

Sob a ótica internalista também se pode aceitar, sem maiores questionamentos, que esses projetos nasceram da visão e da iniciativa de determinados atores que desejavam se beneficiar com a demanda por telefones, ampliando-a mais ainda, e, se possível, transformando-a ao se criarem novos tipos de serviços. Por esta perspectiva, a demanda seria muito mais um resultado da ação dos agentes envolvidos com a produção, aprimoramento e uso dos sistemas telefônicos. Tal concepção também está parcialmente correta, porém, novamente, não esgota a questão. A ampliação e transformação da demanda não são resultado apenas da ação dos agentes envolvidos em telefonia, na medida em que a demanda por telefones depende de dinâmicas sociais e técnicas, muitas vezes ‘exteriores’ às do setor de telefonia. Exemplo recente e atual disso é o uso crescente de linhas telefônicas para estabelecer conexão de usuários de ‘Internet’ com seus provedores de acesso, coisa impossível de se prever até alguns anos atrás e que está transformando a demanda ‘tradicional’ por linhas telefônicas, exigindo projetos de implantação de centrais com linhas de melhor qualidade e, principalmente, com maior tempo médio de conexão. Esta dinâmica ‘externa’ influencia em algum grau a tecnologia das centrais telefônicas, portanto, é inconcebível enxergar a tecnologia das centrais exclusivamente sob a ótica ‘interna’ de sua geração.

As duas perspectivas focalizam, portanto, duas facetas do mesmo fenômeno social, o da demanda por serviços telefônicos. O analista pode e deve examinar tanto o papel da ‘demanda externa’ por telefones – como fruto de certas estruturas e dinâmicas sociais que influem no processo de criação das novas tecnologias de telefonia – , quanto o da ‘demanda interna’ por telefones – como resultado da ação dos agentes da inovação envolvidos nesse processo (ver Seção III.4.d do Capítulo III).

Existem várias maneiras de abordar a ‘demanda externa’ por telefones. Uma delas é concebê-la como uma demanda do mercado. Ou seja, ela provocaria, através das estruturas do mercado, o estímulo necessário para que os atores do campo econômico se mobilizem para criar um novo produto tecnológico. Entretanto, uma abordagem que se apoiasse apenas nessa idéia seria de pouca valia para analisar casos em que o Estado promovesse a criação de determinada tecnologia. Neste caso, teríamos de recorrer a um enfoque que visualizasse particularmente as estruturas do Estado ou as dinâmicas políticas sob seu controle. Por outro prisma, ainda, poderíamos visualizar a demanda por melhores telefones como sendo moldada pelo desenvolvimento de novas soluções técnicas de transmissão, chaveamento e controle telefônicos. Precisaríamos empregar, neste caso, um enfoque que levasse em consideração a evolução do contexto estrutural da ‘ciência da telefonia’. Naturalmente, uma abordagem que levasse em conta as várias facetas do contexto seria mais completa.

De forma similar, existem vários pontos de partida para investigar as iniciativas e estratégias dos agentes de desenvolverem o projeto do novo sistema e de transformarem a demanda por telefones. De modo geral, enfoques que utilizam a perspectiva ‘internalista’ privilegiam os agentes macro da área científica / tecnológica, como os cientistas e engenheiros, como foi visto no Capítulo II. Porém, os agentes macro das esferas econômica e política, como as empresas e o Estado, podem ser examinados também de acordo com a perspectiva ‘internalista’. É evidente que todos esses atores podem influenciar na formulação de estratégias e tomar iniciativas para a geração das tecnologias digitais de telefonia.

Nenhuma das duas perspectivas é necessariamente ‘determinista’, porém, se forem ao extremo em suas posições, elas correm o risco de conduzir a análise para isso. Se a demanda por telefones é vista como totalmente ‘externa’ ao processo de criação tecnológica, a análise pode levar à conclusão absurda de que a ‘tecnologia’ não teria efeitos sobre a ‘sociedade’, uma vez que esta moldaria inteiramente aquela. Temos aqui o ‘determinismo social’ que Hughes critica corretamente (ver Capítulo II, Seção 5.b).

Por outro lado, se a demanda por telefones é vista como totalmente ‘interna’ ao processo de geração tecnológica, ou seja, como resultado de uma dinâmica ‘interna’ (em que, por exemplo, atores criam e ampliam uma ‘rede de elementos sociais e técnicos’, formando a ‘rede sociotécnica’ do sistema de telefonia), a análise corre o risco de concluir equivocadamente que a sociedade inteira é fruto de ‘dinâmicas tecnológicas’. Eis aí o ‘tecno-centrismo’ que busco explicitamente evitar¹ (ver Capítulo II, Seção 5.f).

Uma possibilidade analítica de evitar os dois extremos, discutida no Capítulo III, é considerar a demanda por telefones como resultado:

- 1) tanto de uma dinâmica social e técnica que está diretamente envolvida com a criação das novas tecnologias digitais de telefonia, quanto de outras que pouco têm a ver com a primeira – como as dinâmicas econômicas e políticas mais gerais, por exemplo;
- 2) tanto de estruturas sociais e técnicas previamente existentes – as dimensões *posicional* e *disposicional* dos atores nas esferas sociais –, quanto da improvisação/ criação de concepção, iniciativas e estratégias historicamente específicas – a dimensão *situacional* das interações sociais.

Desse modo, as condições de existência dos três projetos podem ser vistas, por um lado, como ‘objetivas’, isto é, dependem das condições econômicas, políticas e científicas/ técnicas pré-existentes, e, por outro, como ‘subjetivas’, ou seja, dependem da construção/ reconstrução das percepções particulares sobre essas condições, bem como das estratégias dos atores envolvidos nos projetos, que vão sendo formuladas e reformuladas à medida que as situações históricas específicas vão se desenrolando e as próprias condições sendo alteradas. Em consequência, a passagem de uma perspectiva para outra é realizada nas situações em que os agentes passam a questionar as estruturas existentes (eventuais contradições, por exemplo), a formular estratégias de ação e a tomar iniciativas no sentido de alterá-las, mas sempre de acordo com a sua capacidade momentânea de transformação da realidade. Como os agentes sociais *não* questionam e transformam *todas* as estruturas *todo* o tempo, assim, em cada situação específica, parte

¹ O tecno-centrismo da perspectiva ‘internalista’ pode conduzir a análise para formas sutis de ‘determinismo tecnológico’. Não entrarei em pormenores aqui. Para mais detalhes, ver Krücken em “Science Studies and Constructivism” (Krücken, 1995).

das estruturas (“já existentes”) pode ser examinada sob a perspectiva ‘externalista’ e outra (“em constituição”) sob a ‘internalista’.

Dada a hipótese inicial desta seção, impõe-se a conclusão de que a demanda por telefones não pode ser vista como *fator independente* que impulsionou a geração das novas tecnologias de telefonia. Na realidade, a demanda se apresentava tanto como fator que influenciava o desenvolvimento tecnológico quanto como resultado deste, na medida em que ela sofria influência de atividades sociais e técnicas *direta* ou *indiretamente* ligadas ao processo de criação dos novos sistemas de telefonia.

Em suma, a idéia central da abordagem alternativa é a de que as duas perspectivas de análise podem e devem ser combinadas, porque cada uma focaliza uma faceta essencial, que integra os vários momentos do processo de geração tecnológica. Em cada momento, de acordo com a abordagem proposta, parte das estruturas é considerada como “dada” (ao menos, momentaneamente) e outra examinada como estando sob questionamento (também ao menos, momentaneamente), como objeto de estudo e de transformação. Desse modo, a abordagem permite examinar o foco variável da atenção dos agentes envolvidos nas sucessivas situações históricas, e possibilita, ao mesmo tempo, visualizar de modo coerente a ‘realidade sociotécnica’ com as duas perspectivas – o que, à primeira vista, poderia parecer inconciliável.

Retornemos às condições de existência para a geração do novo sistema nos três casos. Uma dessas condições é obviamente a constituição de um grupo de cientistas e engenheiros com conhecimentos científicos e técnicos sobre a área de telefonia. Como pré-requisito, há que ter um esboço inicial do novo sistema que aponte, ao menos parcialmente, para a resolução de certos problemas-chave da área de telefonia, e para a possível satisfação das necessidades e demandas dos principais agentes envolvidos (consumidores, operadoras, fabricantes, cientistas, etc). Já nesse plano inicial devem estar presentes as duas outras condições de existência do projeto: o possível apoio financeiro que permitirá seu desenvolvimento e a obtenção de recursos científicos e infraestrutura técnica; e uma forma de organização administrativa do projeto que garanta o apoio político dos principais atores envolvidos no setor de telefonia. Qual

dessas condições surge primeiro? A resposta fornecida pela abordagem alternativa é a de que isso depende tanto das condições de cada país (estruturais) quanto das iniciativas dos agentes em situações históricas específicas. Nesta resposta está implícita a assunção da autonomia relativa dos diferentes tipos de atividades que participam na geração tecnológica. Em consequência, não apenas o desenvolvimento não é linear, como na verdade não existe modelo geral de desenvolvimento. Mesmo havendo condicionamentos estruturais – e analisá-los é fundamental–, eles jamais determinam toda a história, pois nem os atores são robôs, nem são universais as regras por que se orientam. É o que se buscará mostrar a seguir por meio da análise alternativa.

Seguindo os passos da abordagem alternativa (ver Capítulo III, Seção 5.a), examinaremos primeiro o contexto estrutural ('externo') dos agentes principais. A seguir, as contradições cruciais de cada caso, ainda por meio da perspectiva 'externalista'. Logo depois, para compreender as estratégias dos agentes envolvidos, passaremos a examinar – agora sob a perspectiva 'internalista' - como as contradições foram por eles historicamente percebidas e formuladas nas situações específicas de cada caso. As estratégias e reações posteriores dos agentes serão abordadas conjuntamente.

VI.3 - O contexto estrutural dos três projetos

Vimos nos dois capítulos precedentes que as posições em que se encontravam os principais atores nas esferas sociais moldaram situações tais que as iniciativas dos projetos terminaram sendo tomadas por atores diferentes nos três casos. Enquanto no caso sueco a iniciativa do novo projeto deveu-se às duas empresas do setor - à Ericsson em particular -, que estavam em estreita sintonia com a dinâmica do mercado mundial de telefonia, no caso brasileiro o projeto nasceu por iniciativa do Governo militar, no contexto de uma política industrial nacionalista orientada para a criação de capacitação tecnológica no país. No caso britânico, em contraste com os outros dois, não há preponderância tão clara da dinâmica de uma ou de outra das esferas sociais sobre o desenvolvimento do projeto. Há, sim, contradições e conflitos bem maiores entre a dinâmica do mercado e a dos órgãos governamentais. Quanto à iniciativa do projeto, ela coube, na realidade, ao grupo de cientistas e engenheiros reunidos no AGSD.

Tentemos servir-nos da análise alternativa para responder à questão de *por que* os fatores estruturais decisivos (perspectiva externalista), ou as iniciativas de ação decisivas (perspectiva internalista) foram diferentes nos três casos analisados.

VI.3.a - O porquê das diferentes iniciativas

Se abordarmos os conceitos ‘Contexto’ e ‘Agente’ de forma isolada ou como elementos antagônicos, a análise torna-se fatalmente incompleta. Esta foi a conclusão a que chegamos ao analisarmos os três casos pelas duas perspectivas vistas nos Capítulos IV e V. Para ilustrar essa conclusão, são apresentados na Tabela VI.1 abaixo, de forma simplificada, os fatores principais ou decisivos na iniciativa de criar os três projetos.

Tabela VI.1 Fator decisivo na iniciativa de criação dos projetos

País	Perspectiva ‘Externalista’	Perspectiva ‘Internalista’
Suécia	Contexto econômico (dinâmica do mercado sueco e internacional)	Agente econômico (Ericsson e sua visão comercial)
Brasil	Contexto político (dinâmica da política nacionalista)	Agente político (Governo militar e sua ideologia nacionalista)
Reino Unido	Contexto político/econômico (dinâmica conflituosa entre o mercado e a política do Governo)	Agente da área científica (AGSD e sua visão integradora dos recursos disponíveis)

Embora nenhuma das duas perspectivas conduza a análise ao simplismo extremo, o fato é que uma tende a examinar o contexto sem recorrer a agentes historicamente situados, em particular os cientistas e engenheiros (menosprezo da dimensão situacional), enquanto a outra tende a focalizar os agentes como se estivessem no vácuo estrutural ou histórico, em particular em relação à dinâmica econômica e política mais ampla (menosprezo das dimensões posicional e disposicional).

O primeiro passo no sentido de conciliar as duas perspectivas consiste em assumir que foram *os agentes* que tomaram as iniciativas decisivas. Assim o fizeram porque tinham *maior capacidade de ação* para levar adiante o projeto de criar um novo sistema de telefonia. Essa capacidade variável dos atores se deve ao fato deles estarem localizados em diferentes posições na *hierarquia das estruturas sociais* - que podem se transformar historicamente de forma variável nos diversos países.

Portanto, se chegamos à conclusão óbvia de que contexto *não age*, por outro lado também temos de concluir que os atores não agem livres do contexto (como se este fosse um mero “pano de fundo”), pois eles estão *posicionados* nas esferas de atividades sociais que escoram o processo de geração tecnológica. Além disso, os agentes portam consigo, naquelas atividades sociais que contribuem para orientar suas ações, um conjunto de *disposições* - conhecimentos, interesses e valores sociais - internalizado por cada um deles em suas histórias particulares. Vejamos então como se encontravam os vários agentes nas diferentes esferas sociais, nos três países, bem como seus esquemas tradicionais de ação.

Convém antes observar que o segundo passo relevante para conciliar as duas perspectivas é admitir que todos os agentes podem participar de todas as diferentes atividades sociais. Ou seja, assume-se a visão integradora da perspectiva ‘internalista’, sem dissolver no entanto as diferentes atividades (bem como suas regras, dinâmicas e lógicas específicas) e torná-las uma só. Desse modo, Governo, empresas e centros de pesquisa são todos considerados, respectivamente, agentes econômicos, políticos e

científicos. O que os diferencia é sua posição na hierarquia da esfera particular de atividades em questão. Quando se diz que as empresas são agentes econômicos é porque elas (as grandes, pelo menos) são agentes 'macro' da esfera econômica. Assim, com frequência, empresas são atores 'macro' do mercado, Governo e ministérios são agentes 'macro' da esfera política, e centros de pesquisas são agentes 'macro' da esfera científica².

VI.3.b - A esfera econômica

A situação dos agentes na esfera econômica dos três países era bastante diferente. Enquanto na Suécia e no Reino Unido havia uma reserva de mercado para os fabricantes nacionais de equipamentos de telefonia, no Brasil esse mercado estava aberto às empresas estrangeiras. Ou seja, não existiam empresas genuinamente brasileiras que produzissem equipamentos de telefonia. Os equipamentos eram, ou importados, ou produzidos no Brasil pelas empresas multinacionais, com a importação parcial ou total de componentes e peças.

Ao descrevermos a situação de 'reserva de mercado' ou de 'mercado aberto' estamos focalizando as regras econômicas do setor de telefonia que definem o que os agentes econômicos podem fazer ou como devem se comportar, e ao mesmo tempo, como eles chegam a estabelecer sua posição hierárquica na estrutura econômica dos três países. As regras da esfera econômica, mencionadas sucintamente no Capítulo III, podem ser gerais, ou seja, estar relacionadas com o sistema econômico capitalista - entre cujas características principais está a propriedade privada dos meios de produção (com as técnicas de produção incluídas); ou podem ser específicas do setor em questão - por exemplo, as regras que regulam os serviços telefônicos e a produção de seus equipamentos, dentro do conjunto de regras de exploração econômica da área de telecomunicações. Tais regras, portanto, definem quem pode explorar os serviços telefônicos e quem pode produzir os equipamentos, ou seja, regulam o acesso ao mercado de telefonia.

² Nesse sentido, o leitor desta tese, como qualquer outra pessoa, também participa de jogos das esferas econômica, política e científica, além de outras mais, muito provavelmente como ator 'micro'.

Na Suécia, as regras do mercado de telefonia dividiam-no de forma simples e eram muito estáveis. A estatal Televerket operava a rede telefônica sueca e produzia ela mesma os equipamentos de que necessitava. Apenas uma pequena fração deles era adquirida da Ericsson, que produzia para o mercado externo, mas não operava nenhuma rede telefônica, nem na Suécia, nem no exterior.

No Reino Unido, por sua vez, houve mais mudanças nas regras do setor. Pelo lado da produção, existia inicialmente um oligopólio na fabricação e venda de equipamentos de telefonia – o Anel –, que foi destruído em 1968, por uma política geral de eliminação de oligopólios industriais (ver Capítulo IV), e deu lugar às regras de competição aberta, condição nova em que as empresas passaram a produzir equipamentos diversos e a vendê-los em regime de concorrência para o monopólio estatal – o Correio Britânico (BPO). Este, pelo lado dos serviços, monopolizava a exploração comercial dos serviços telefônicos, situação que só foi alterada nos anos 80, com a privatização da BT (ex-BPO).

No caso do Brasil, finalmente, poucos anos antes da concepção do projeto do sistema brasileiro havia sido implantado, em 1972, o monopólio estatal dos serviços de operação telefônica, com a fundação da ‘holding’ Telebrás. Os equipamentos empregados eram fabricados apenas por empresas estrangeiras. As normas econômicas do setor, que não só permitiam como garantiam a participação dessas empresas no mercado brasileiro, prevalecem até hoje, mesmo com a reserva parcial mais tarde criada para as empresas nacionais. Como já foi dito antes, não existiam empresas genuinamente brasileiras que pudessem fabricar os equipamentos.

A abordagem proposta coloca em destaque o fato de que a propriedade das técnicas de produção econômica dos equipamentos de telefonia estava nas mãos das empresas dos países do primeiro mundo, como as da Suécia, EUA e Reino Unido. Nem as empresas brasileiras, nem o Estado tinham essa prerrogativa. Assim, como as empresas estrangeiras dominavam integralmente o mercado brasileiro, não havia ‘demanda econômica’ por uma indústria nacional de equipamentos de telefonia, nem

por pesquisas no setor e menos ainda pela criação de um sistema brasileiro nesse campo. Do ponto de vista estrutural, a lógica do mercado não criava para o Brasil a necessidade econômica de pesquisas ou de produção na área de telefonia. Pelas regras do jogo econômico então existente seria extremamente improvável que empresas brasileiras de setores correlatos (elétrico ou eletrônico, por exemplo) e grupos universitários de pesquisas em telecomunicações se associassem para tentar criar e produzir equipamentos de telefonia de forma independente das multinacionais. Não seria economicamente ‘lógico’ que esses atores tomassem tal iniciativa, pois não contariam com recursos suficientes e estariam, com certeza, muito atrasados em relação ao que já fora ou estava sendo desenvolvido no exterior.

Em contraste com a situação do Brasil, as empresas suecas Ericsson e Televerket, devido a sua longa e bem sucedida tradição no desenvolvimento e comercialização de equipamentos de telefonia, detinham capital econômico suficiente para ambicionarem um empreendimento de grande porte, como o de planejar e desenvolver um novo sistema nessa área. De maneira esquemática, as duas empresas suecas tinham criado e empregavam as técnicas de produção do sistema híbrido ‘crossbar’. A forma de apropriação das técnicas era privada, como normalmente se espera numa economia de mercado, e as duas empresas possuíam e exploravam comercialmente essas técnicas. A livre iniciativa de capitalistas empreendedores serve de legitimação para esse tipo de apropriação, que, aliás, é característica geral do sistema econômico capitalista. Em particular, a justificação da propriedade sobre as técnicas de produção de novos artefatos tecnológicos é comumente feita com o argumento de que o primeiro a inventá-las torna-se dono delas, isto é, quem as cria e desenvolve primeiro tem direito a apossar-se delas, podendo comercializar seus produtos, bem como as próprias técnicas, como melhor lhe convier, de acordo apenas com as regras do mercado.

Assim, as duas empresas suecas detinham de fato esse capital econômico (meios de produção, incluídas aí as técnicas de produção) e, quando se aperceberam do risco de vir a perdê-lo (juntamente com a fatia do mercado que controlavam) devido à forte competição com outras empresas do setor, elas usaram a liberdade de iniciativa para

planejar a produção de ‘novas técnicas de produção’ (de um novo sistema de telefonia). Neste caso, a lógica de competição no mercado internacional pode ser empregada para explicar o empreendimento comum e a emergência do projeto do novo sistema.

No Brasil, entretanto, o Estado dispunha de avultado capital econômico, senão na área de produção de equipamentos de telefonia, pelo menos no setor da demanda desses equipamentos, já que tinha o monopólio dos serviços telefônicos – o chamado ‘poder de compra’ da Telebrás – e o controle dos meios financeiros para implementar a política industrial do setor através do Ministério das Comunicações. No Brasil, portanto, apenas o Estado, além das empresas multinacionais, tinha acesso aos meios econômicos necessários para tentar criar uma indústria de telefonia, bem como, mais importante, para financiar a criação dos grupos de pesquisas imprescindíveis para fazê-lo. A par disso, não se pode esquecer o ‘boom’ econômico do início dos anos 70, conhecido historicamente como ‘milagre brasileiro’, que contribuía para o elevado capital econômico do Governo. Pode-se, no entanto, concluir disso que o Estado brasileiro estava fadado a tentar criar um sistema brasileiro de telefonia? É evidente que não. Como já foi assinalado, outras condições também se faziam necessárias, além dos imprescindíveis recursos financeiros.

Apesar da diferença entre a posição do Brasil e a da Suécia na esfera econômica, as duas situações tinham em comum uma relativa simplicidade, que contrastava com a complexidade da situação em que se encontravam os atores principais do Reino Unido.

O Governo britânico também dispunha de vultoso capital econômico, porém a situação do Reino Unido (ver Capítulo IV), era de relativa instabilidade, devido à progressiva decadência de sua economia, agravada pelo desvio de recursos para as duas grandes guerras e pela perda dos mercados do Império Britânico com a libertação gradual de suas colônias. A política anti-oligopólios, de reforma e modernização da indústria britânica, era reflexo direto de sua situação conturbada. Todos esses fatores sem dúvida contribuíram para a histórica falta de investimento público na expansão da rede britânica, cuja capacidade esteve sempre aquém da demanda por novas linhas. A despeito dessas dificuldades, o Governo britânico se encontrava no topo da hierarquia

econômica do setor de telefonia, uma vez que controlava, mal ou bem, os recursos necessários para a compra de novos equipamentos para sua rede. O BPO, por sua vez, era por seus estatutos uma agência estatal ligada diretamente ao Governo. Em consequência disso, o lucro advindo dos serviços telefônicos constituía fonte legal de receita para o Governo, que posteriormente repassava recursos financeiros ao BPO. Como esse repasse, porém, era feito de acordo com critérios políticos, que variavam ao longo do tempo e dos governos que se sucediam, o BPO não dispunha de capital econômico garantido para projetos de longo prazo.

Por outro lado, até o início dos anos 60 as cinco empresas britânicas estavam relativamente bem situadas na hierarquia econômica do setor de telefonia, ou seja, possuíam considerável capital econômico no setor. Porém, elas estavam começando a perder esse capital, porque as técnicas de produção que utilizavam, e que faziam parte do acordo oligopolista das cinco empresas (o Anel), estavam se tornando paulatinamente obsoletas – a tecnologia Strowger já estava com os dias contados. O mercado exigia das empresas a produção de um sistema de telefonia mais avançado. Caso elas não se mobilizassem com rapidez para criar novas técnicas de produção (de um novo sistema) elas corriam o risco de perder até o próprio mercado britânico. Não por acaso, elas já tinham começado a perder a fatia de 25% do mercado mundial que chegaram a alcançar na virada da década de 60, ficando desde então cada vez mais confinadas ao mercado britânico. Além disso, o fracasso do sistema eletrônico de Highgate Wood (ver Capítulo IV) também contribuiu para a instabilidade da situação. Como resultado dessa situação, três empresas do setor foram vendidas para outras duas. Apenas as mais fortes - a GEC, a STC e a Plessey - conseguiram sobreviver aos tempos difíceis.

Antes de prosseguirmos, cabe aqui um breve comentário sobre as duas formas de propriedade do mercado de telefonia em geral e, em particular, sua justificação, tema bem atual nos dias de hoje. Enquanto na produção dos equipamentos de telefonia a propriedade habitualmente era privada, no mercado dos serviços telefônicos predominava, até pouco anos atrás, a propriedade pública, configurada nas Companhias

Telefônicas Públicas (Public Telephone Operators – PTOs), estatais que monopolizavam esse serviço em grande número de países.

A propriedade estatal era justificada com o argumento de que os serviços telefônicos eram de ‘utilidade pública’ ou um ‘bem público’; desse modo, eles não deveriam ser explorados comercialmente, mas pelo contrário, tinham de ficar sob o controle da administração pública, ou seja, do governo. Isso faria com que os serviços não ficassem subordinados ao lucro dos empresários ou à lógica de curto prazo do mercado e, assim, os usuários poderiam ter serviços melhores e mais generalizados.

Por outro lado, a propriedade privada sobre a produção dos equipamentos era justificada com o argumento de que as empresas privadas seriam mais ágeis para criar e produzir produtos ou equipamentos melhores. Aliás, esse argumento faz parte do arsenal da ideologia liberal do mercado, que busca se legitimar perante a sociedade e os que não possuem meios de produção de nenhuma espécie. Assim, o regime de competição no mercado entre empresas livres (mesmo quando isso não existe de fato), é habitualmente utilizado para legitimar a propriedade privada, uma vez que se presume que em regime de concorrência as empresas tenderão a produzir equipamentos cada vez melhores e mais baratos “para todos”. Retornaremos a essa questão mais adiante.

Para sumarizar, no Brasil os agentes macro da esfera econômica eram o Governo brasileiro e as empresas estrangeiras. Somente eles possuíam capital econômico suficiente para investir num novo sistema de telefonia. Na Suécia, pelo contrário, as duas maiores empresas do setor, Televerket e Ericsson, detinham o capital econômico necessário para tentar criar o novo sistema, mas precisavam associar-se para poder fazê-lo. No Reino Unido, finalmente, estes agentes eram o Governo (BPO) e as três empresas fabricantes. Todos os agentes contavam com um capital considerável mas, devido à instabilidade da situação econômica e à decadência comercial da tecnologia ‘Strowger’, a geração de um novo sistema de telefonia também só se tornaria mais viável se os quatro atores se associassem para criá-lo em conjunto.

VI.3.c - A esfera política

A situação de cada agente na esfera política também era bastante diferente nos três países. Enquanto no Reino Unido e na Suécia vigoravam democracias representativas – monarquias parlamentaristas – com tradição democrática consolidada desde o final do século XIX, no Brasil houve vários períodos de turbulência política em que regimes de exceção toldaram a democracia. O último deles foi o período de 1964 a 1985, durante o qual vários generais se sucederam na presidência do Brasil.

O foco de atenção recai agora sobre as regras da ‘política’, ou seja, as regras que definem e regulam o modo como os agentes sociais podem ou devem agir para alterar as normas de funcionamento da sociedade e de seus vários setores (como o das telecomunicações, por exemplo), bem como a forma de acesso dos agentes ao poder político. A estrutura hierárquica desse poder político define os fóruns de decisão e as posições de poder dos agentes. Os agentes que estão bem situados nessas posições podem então buscar alterar as normas da sociedade ou de setores dela.

No Brasil, a situação estava bem definida: o Governo militar controlava o poder político através de uma ditadura e era, portanto, o agente macro por excelência na esfera política maior. Como as ‘técnicas de dominação política’ do Brasil se encontravam nas mãos dos militares, elas podem ser chamadas, de acordo com a abordagem proposta, de ditatoriais. Isso se refletia no firme controle do Governo sobre os meios políticos, e, em particular, no setor de telecomunicações, quando ele tratou de configurar legalmente o mercado de telefonia e o Ministério das Comunicações.

Entre os inúmeros jogos políticos que transcorriam paralelamente no Brasil, um dos mais importantes era o da ‘legitimação’ desse poder ditatorial de conduzir os destinos do país. A justificativa do regime militar, ou seja, a ideologia de legitimação dos governos militares relacionava, entre outros objetivos, as missões de eliminar a ‘ameaça comunista’ que pairava sobre a nação, acabar com a desordem política e econômica, e desenvolver o país, tirando-o do grande atraso em que se encontrava. Um dos lemas políticos mais marcantes do movimento militar era a famosa palavra de

ordem positivista ‘Ordem e Progresso’, inscrita, sintomaticamente, na própria bandeira brasileira.

Com o propósito de promover o progresso da nação, a política econômica dos primeiros anos dos governos militares tinha sido a de alargar a abertura do mercado brasileiro à entrada e instalação de empresas multinacionais, ampliando o processo de industrialização que ficou conhecido como ‘substituição de importações’. De fato, a presença de empresas estrangeiras no Brasil cresceu consideravelmente durante aqueles anos. Essas empresas se apoiaram e beneficiaram com a abertura do mercado e com a repressão política do regime militar, na medida em que puderam contar com infraestrutura barata, mão-de-obra politicamente comportada e considerável apoio do poder político dominante. Em consequência disso, elas dispunham de grande poder político de pressão para direcionar as regras do jogo econômico a seu favor, coisa que viria a transparecer nos anos subsequentes àqueles em que o Governo tentou criar uma indústria genuinamente brasileira em algumas áreas da economia.

Assim, como não havia ‘demanda econômica’ por uma indústria brasileira de equipamentos de telefonia, a ‘necessidade’ desta indústria surgiu como fruto da ideologia nacionalista adotada pelo Governo militar, possível dadas as condições políticas particulares do Brasil durante aqueles anos. Não que a situação ditatorial fosse a única possível para esse surgimento, mas foi a que historicamente permitiu aos atores, então com grande capital político e econômico – o Ministério das Comunicações e a Telebrás –, tomar a iniciativa no sentido de criar as condições para o desenvolvimento de uma tecnologia de telefonia brasileira. Nesse caso, o capital político era concomitante ao capital econômico, e um reforçava o outro.

No Reino Unido e na Suécia, a esfera política era radicalmente diferente. O poder político era obtido através das urnas, em sistemas parlamentaristas. Entretanto, isso não significava necessariamente que os atores envolvidos em telecomunicações estivessem em melhor situação para controlar e gerenciar o setor de telefonia. Vejamos cada um dos casos.

Na Suécia, o Governo pouco interferia no setor de telecomunicações. A estatal Televerket cuidava a contento da rede telefônica e da produção doméstica de equipamentos de telefonia. A outra empresa, a Ericsson, respeitava a divisão política do mercado que lhes fora determinado: a Televerket produzia centrais telefônicas para a rede sueca, e ela as produzia principalmente para o mercado exterior. A Televerket tinha, na prática, o controle sobre os meios políticos de definição do setor de telefonia ou, no mínimo, a anuência política do Governo para suas iniciativas e demandas, como demonstra o apoio deste e a permissão do Congresso sueco para ela fundar e controlar outras empresas - no caso, a Ellemtel, que desenvolveu o novo sistema de telefonia.

Quanto ao Reino Unido, sua situação diferia bastante da sueca, pois a democracia britânica - uma monarquia parlamentarista - tinha como característica marcante a forte vinculação entre os meios de dominação política e os meios de administração de sua rede telefônica. Isso se devia ao caráter extremamente centralizador do sistema político britânico, cujas regras permitiam aos integrantes do governo utilizar os meios de administração do BPO como instrumento para as políticas governamentais de curto prazo. Assim, o BPO não controlava os meios políticos (e por conseguinte os financeiros) para gerenciar a rede britânica, ou seja, não tinha autonomia administrativa para planejar a longo prazo a expansão da rede britânica. Nesse caso, a falta de capital político era paralela à falta de capital econômico. Uma reforçava a outra, compondo assim a situação de dependência do BPO em relação às políticas de curto prazo dos governos britânicos.

As empresas, por sua vez, desde a extinção do “Anel” em 1968 (ver Capítulo IV), também não dispunham de capital político suficiente, nem para exigir que seus equipamentos fossem aceitos pelo BPO (os sistemas híbridos que elas desenvolviam), nem para que suas pesquisas fossem consideradas como as mais adequadas para o futuro da indústria de telefonia.

Resumindo, no caso brasileiro o Governo militar tinha o capital político mais elevado, na medida em que controlava o poder político maior, a presidência do país. Porém, como esse poder atendia em parte – num jogo muito complexo – os interesses

dos grupos econômicos multinacionais, estes também detinham considerável capital político. Na Suécia, por sua vez, as duas empresas dispunham desse capital, ao menos no setor que lhes interessava, o da telefonia. No Reino Unido, finalmente, a situação era mais confusa, pois, embora o Governo tivesse o capital político maior, ele estava preso à lógica imediatista para poder se manter no poder e empregava os meios do setor de telefonia para acomodar interesses políticos diversos dentro de sua estrutura. Assim, o capital político do BPO era relativamente baixo. Igualmente baixo era o capital político das empresas: se por um lado podiam pressionar o Governo e o BPO, por outro dependiam de sua aprovação para os contratos de compra de equipamentos, pois estavam perdendo rapidamente a fatia do mercado que ainda detinham no exterior.

VI.3.d - A esfera científica

Uma vez mais, agora na esfera científica, verifica-se que a situação de cada ator era muito diferente em cada um dos três casos. No Reino Unido e na Suécia, a capacitação científica e tecnológica no setor de telefonia ostentava já uma longa tradição, desde pelo menos os anos 20 deste século. No Brasil, em flagrante contraste, a capacitação na área da ciência de telefonia ou, mais precisamente, de ‘comutação telefônica’, era incipiente, e apenas os meios acadêmicos acompanhavam seu desenvolvimento, sem aplicações práticas em equipamentos concretos, já que todas as técnicas eram importadas.

Trata-se aqui da capacidade de produção científica e tecnológica, ou seja, dos meios de produção científica e técnica de ciência e de novos artefatos, em geral, e de tecnologias de telefonia, em particular. Essa capacidade engloba simultaneamente a infraestrutura científica e técnica e seus agentes especializados. Tipicamente, ela se configura nos laboratórios e centros de pesquisas das universidades e empresas, como o centro de pesquisas da Telebrás, o CPqD. no Brasil, o departamento de pesquisa do BPO (o centro ‘Dolis Hill’, por exemplo) no Reino Unido, e a empresa Ellemtel na Suécia.

O resultado dessas atividades específicas é a) maior conhecimento sobre os fenômenos naturais, a ‘ciência’, como por exemplo o conhecimento sobre a ‘física dos materiais semicondutores’ e/ou a ‘propagação das ondas eletromagnéticas’; e b) a criação de ‘novos produtos’ e/ou ‘novas técnicas de produção econômica’, como a invenção do ‘transistor’ e sua utilização em ‘rádios e televisões’, movimentando a ‘indústria de telecomunicações’, por exemplo. Há considerável sobreposição dessas duas atividades, na medida em que uma utiliza os recursos da outra; a ciência básica se tornaria inviável sem os instrumentos técnicos, e a ciência aplicada se tornaria apenas experimental sem o conhecimento científico (ver Capítulo I, Seção 3.a).

O que diferencia, portanto, as atividades científicas das técnicas não são os ‘meios de produção científica/ técnica’, mas sim, os seus objetivos e, portanto, a forma de apropriação desses meios de produção científica/ técnica. A produção de conhecimento ou ciência básica tende, em geral, a ser vista como ‘patrimônio da humanidade’ e, assim, a ser apropriada por universidades e centros de pesquisas, com os resultados sendo divulgados publicamente. Por outro lado, a produção de conhecimento científico, aplicada à produção econômica, tende a ser apropriada por instituições particulares, como empresas privadas, em que detalhes dos resultados científicos/ técnicos são mantidos a quatro chaves como ‘segredos tecnológicos’. Assim, as regras de organização da capacitação científica e técnica costumam estar, de um modo ou de outro, acopladas às regras econômicas do mercado, sobrepondo-se de certa forma a elas. Ou seja, os agentes do mercado, ou a sua lógica, ditam as normas a serem seguidas pelos agentes da ciência e, desse modo, a dinâmica da esfera econômica com suas regras e agentes característicos se sobrepõe à da ciência. É o que ocorria na Suécia, por exemplo, onde a Ericsson estava fortemente sintonizada com o mercado internacional de centrais telefônicas e, assim, orientava suas atividades de P&D em função da competição por esse mercado.

No Brasil, as empresas brasileiras, o Governo, a Telebrás e o Ministério das Telecomunicações contavam com pouco ou nenhum capital científico no campo da telefonia. No entanto, existiam grupos isolados de pesquisadores brasileiros, espalhados por algumas universidades e centros de pesquisas. Havia também muitos estudantes de

mestrado e doutorado na área de telecomunicações que se aperfeiçoavam no exterior com o auxílio de bolsas de estudo fornecidas por agências governamentais de fomento à pesquisa. E, finalmente, havia os empregados das empresas multinacionais do setor instaladas no Brasil, que recebiam treinamento no exterior. Isso era tudo com que o Brasil contava em termos de capital científico/ técnico, nos primeiros anos da década de 70. O Governo não tinha como ‘comprar’ esse capital, mesmo porque as empresas estrangeiras não o vendiam, já que era através dele que elas criavam e aprimoravam seus equipamentos de telefonia. De acordo com a lógica do mercado, não seria sensato elas venderem a sua ‘galinha dos ovos de ouro’, isto é, todo o capital científico/ técnico que tinham acumulado ao longo de vários anos, nas pesquisas realizadas em seus países de origem, e que se materializava nos equipamentos que produziam e vendiam.

No Reino Unido, os principais atores dispunham de relativo equilíbrio nos seus capitais científicos. O BPO acumulara grande experiência, desde a 2ª Guerra Mundial, na coordenação de vários projetos no setor de telefonia, e detinha considerável capital científico/ técnico. Porém, o fracassado projeto do Highgate Wood, em 1962, tivera como consequência a diminuição da confiança pública no papel de coordenação do BPO³. As empresas, por sua vez, também tinham acumulado bastante experiência nos vários projetos de que participaram. Seu capital científico não era baixo, porque elas tinham de fato adquirido experiência nos projetos do JERC e nos seus próprios. Mas também não era alto, porque este conhecimento não era tão amplo quando comparado com o de empresas com forte presença internacional, como a ITT americana ou a Ericsson sueca. Além disso, o capital científico do BPO e das empresas estava prejudicado pelo fato deles não terem desenvolvido um sistema intermediário entre o velho modelo Strowger e um outro totalmente eletrônico. Como já foi mencionado, enquanto os sistemas ‘crossbar’ e ‘reed-relay’ permitiam uma ‘eletronificação’ relativamente ampla das chaves e das funções de controle, o mesmo não ocorria com o sistema Strowger. Além disso, eles começaram a desenvolver seus sistemas híbridos ‘crossbar’ e ‘reed-relay’ somente nos anos 60, quando as empresas concorrentes já aprimoravam a segunda geração de sistemas híbridos.

³ Podemos dizer, de forma metafórica, que o “capital social” dos cientistas na forma de *prestígio* perante a sociedade britânica sofrera forte abalo com o projeto fracassado.

No caso britânico, estava presente em agente peculiar, não encontrado nos casos sueco e brasileiro. Era o grupo AGSD (Advisory Group for Specification Design – grupo consultor para definição das especificações), formado por cientistas e engenheiros das empresas e do BPO, que fora criado logo após a extinção do antigo JERC, em 1968, e dispunha de certa autonomia (ver Capítulo IV). Dada a situação conflitiva do final dos anos 60 e o alto capital científico do AGSD, este veio a ter papel crucial na iniciativa de desenvolver o novo sistema de telefonia.

A esfera científica da Suécia contrastava com a do Reino Unido. Suas duas companhias haviam conseguido, com relativo sucesso, eletronicar o sistema eletromecânico ‘crossbar’ e já se encontravam na segunda geração do sistema de controle por programa armazenado (SPC). Além do mais, ponto importante a destacar, a Ericsson tinha, à diferença de qualquer empresa britânica, enorme experiência internacional. Ela estava em contato com redes telefônicas de um sem número de países e acompanhava de perto todos os problemas de expansão e evolução das redes. Em outras palavras, o capital científico com que contava o setor de telefonia sueco era de fato considerável. Isso iria sem dúvida se refletir na forma com que foi conduzida a criação do novo sistema e nas características técnicas desenvolvidas.

Recapitulando, a capacitação científica/ tecnológica era elevada nos casos britânico e sueco. Suas empresas privadas e estatais detinham alto capital científico na área de telefonia. No Reino Unido, porém, ele estava incompleto e desintegrado, devido, entre outros motivos, ao número maior de agentes, ao clima de competição e desentendimento entre eles e à geração tardia de sistemas híbridos. A Suécia, por sua vez, tinha capital relativamente mais elevado pelo fato de ter desenvolvido a capacitação ‘eletrônica’ de forma mais integrada à ‘eletromecânica’ e contar, assim, com maior integração das pesquisas de seus dois agentes principais. No Brasil, finalmente, o capital científico era inicialmente baixo. À capacitação científica e tecnológica faltava, é evidente, a experiência de P&D com os sistemas híbridos. Nesse caso, o parco capital científico na área de telefonia digital estava disperso nos meios acadêmicos, e chegava ao Brasil por “difusão” do conhecimento produzido no exterior.

VI.3.e - As contradições estruturais

Lembro aqui ao leitor que a análise alternativa focaliza explicitamente a situação em que se encontrava cada um dos agentes participantes nas esferas econômica, política e científica, articulando-a com sua capacidade transformativa ou seu “capital” econômico, político e científico. Veremos mais adiante como essa capacidade dos agentes de intervirem e negociarem a condução do projeto nos aspectos econômico, político e científico se transformou ao longo do tempo e, paralelamente, como tal processo foi moldando as características dos três sistemas digitais de telefonia.

A par dos fatores mencionados no parágrafo anterior, as contradições nas regras estruturais das esferas econômica, política e científica e de algumas das organizações também influenciaram a resolução dos problemas enfrentados pelos agentes e/ou os conflitos em que se envolveram. Nos três casos, essas contradições foram distintas e tiveram pesos diferentes na conformação das situações em que os atores se viram envolvidos.

Uma delas, no entanto, foi comum aos três casos e interna à esfera científica/tecnológica. no setor de telefonia. Era a contradição que existia entre a possibilidade teórica das novas soluções na área (como as técnicas PAM/TDM e, mais tarde, as PCM/TDM) e a limitação das técnicas de produção de componentes eletrônicos – o estado de arte da fabricação desse componentes –, que não permitia a viabilização concreta das soluções científicas teóricas.

O desenvolvimento paulatino da indústria de componentes eletrônicos e das pesquisas para sua miniaturização, integração e aprimoramento, permitiu a superação dessa contradição ao longo dos anos 70 e 80. Tratava-se de uma dinâmica social e técnica complexa e não-linear, iniciada algumas décadas antes, em que participaram diversos atores do primeiro mundo, em particular dos EUA, e que possibilitou a ampla utilização de dispositivos eletrônicos e computadorizados (os ‘chips’) numa infinidade de aparelhos, aí incluídos os sistemas de telefonia.

É importante frisar que a dinâmica de desenvolvimento dos componentes eletrônicos não pode ser explicada pela dinâmica de geração dos sistemas digitais de telefonia, pois nesta estava representada apenas uma pequena parcela dos agentes que participavam daquela. Nesse sentido, podemos afirmar que era o processo de aprimoramento dos componentes que causava ‘maior impacto’ sobre a geração dos novos sistemas de telefonia. Isto é, a influência da primeira dinâmica sobre a segunda era bem maior do que a que ocorria em sentido contrário. Nos termos da abordagem proposta, a dinâmica dos componentes eletrônicos era mais ‘externa’ aos agentes envolvidos no setor de telefonia, na medida em que estes não participavam sozinhos na “esfera eletrônica”, nem eram os seus agentes ‘macro’.

Voltando aos nossos casos, pode-se afirmar que a contradição fundamental que orientava o processo de geração da tecnologia sueca era interna à esfera econômica e apontava simplesmente para a falta de um produto novo que fosse mais avançado e relativamente mais barato que os comercializados pelas empresas suecas, já que a demanda por novos serviços e por sua qualidade crescia rapidamente, e a competição com as concorrentes se acirrava cada vez mais.

No Brasil, a contradição crucial que ensejou a ideologia nacionalista adotada pelos militares, era a que existia na esfera econômica entre, de um lado, as regras econômicas que asseguravam a instalação de empresas estrangeiras no Brasil e, de outro, a dependência econômica que as mesmas regras sucitavam, já que os resultados da presença dessas empresas no Brasil não ficavam no país, ou, pelos menos, os grupos econômicos nacionais não partilhavam de seus frutos, nem possuíam as tecnologias de sua produção. É importante notar que essa contradição pôde desempenhar papel importante no caso brasileiro porque eram militares nacionalistas que tinham o poder político nas mãos, ou seja, sua posição na hierarquia política maior lhes permitia tomar iniciativas contra essa situação indesejada.

No caso britânico, a contradição fundamental era a que existia entre, de um lado, as regras do jogo político vigente e também as novas regras econômicas competitivas do

setor, que estimulavam a adoção de soluções de curto prazo (respectivamente, para expandir a rede telefônica e para produzir novos sistemas de telefonia) e, de outro, as regras econômicas de longo prazo, que exigiam a integração dos recursos existentes e a cooperação de todos os atores britânicos para a geração de um sistema de telefonia mais avançado. Aqui cabe uma explanação mais longa, já que essa contradição foi resultado de reações anteriores dos agentes britânicos a outras contradições do setor de telefonia.

Como já foi dito, o BPO não possuía os meios de produção dos equipamentos de que necessitava, nem controlava os meios financeiros para sua obtenção. Assim, não tinha autonomia administrativa para coordenar uma política de longo prazo para a expansão e melhoria da rede telefônica, muito embora fosse essa sua missão estatutária. É patente também a contradição entre a pressão política do Governo exigindo solução rápida para o setor e, ao mesmo tempo, sua impossibilidade ou recusa de abrir mão do controle – financeiro e administrativo – que detinha sobre o BPO. Como consequência, desde a apropriação da rede telefônica pelo BPO, em 1911, o suprimento de linhas sempre esteve aquém da demanda. A lista de espera por novas linhas (meio milhão no início dos anos 60) era claro sintoma dessa situação.

Quando o Governo finalmente admitiu, em meados dos anos 60, que não poderia mais postergar a solução para o problema da lista de espera, e decidiu investir firme na expansão da rede britânica, viu-se enredado em outra contradição. Ele necessitava com urgência que as empresas fabricantes de equipamentos de telefonia (do Anel) investissem maciçamente no aumento da capacidade de produção dos equipamentos então fabricados (sistema Strowger), pois o sistema eletrônico (de Highgate Wood) tinha-se revelado inviável (ver Capítulo IV). O imbróglio então era este: iriam elas investir em novas plantas industriais, sabendo que o sistema Strowger tinha cada vez menor aceitação no mercado internacional e que se tornaria obsoleto em poucos anos? A lógica do mercado era fatal nesse caso, e as empresas de fato resistiram em expandir suas capacidades produtivas. Juntamente com essa contradição, havia outra questão importante. Como as empresas podiam acreditar que o Governo executaria de fato o plano proposto de expansão da rede, se estavam acostumadas – por uma longa tradição – com a falta de política de longo prazo dos vários governos que se sucederam, desde que

o BPO tinha assumido a rede telefônica? É evidente que elas desconfiavam do Governo e desejavam maiores garantias, entre elas a de preços melhores, já que estariam assumindo o compromisso de produzir um equipamento antiquado. Por outro lado, porém, questões de custo também eram fatais na lógica de funcionamento do Governo. A existência de um oligopólio na produção de centrais telefônicas (o Anel) colocava sob suspeita os preços exigidos pelas empresas. Tal situação ajudou a selar o destino do Anel. Ele foi rompido em 1968, e a partir daí o Governo optou por uma política de estímulo à competição econômica no setor. Portanto, foi essa situação competitiva que caracterizou os anos que antecederam a iniciativa do AGSD de desenvolver o sistema digital de telefonia.

VI.4 - As estratégias dos agentes da inovação

As estruturas econômica, política e científica/ técnica dos três países, bem como suas contradições, definiam as condições em que se encontravam os agentes nas respectivas esferas sociais e lhes atribuíam diferentes capacidades de ação. Porém, tais condições, por si só, não poderiam definir o que iria ocorrer de fato, pois elas somente caracterizavam – nos termos da abordagem alternativa – as dimensões *posicional* e *disposicional* das regras sociais, pelas quais os atores envolvidos no setor de telefonia se orientavam. Portanto, as condições descritas acima não esgotam as condições de existência dos três projetos e, muito menos, explicam o *desenrolar particular* de cada um deles.

Assim, advertimos mais uma vez que enfoques de análise que se detivessem apenas nestas duas dimensões (a perspectiva ‘externalista’ levada ao extremo) forneceriam na melhor das hipóteses um retrato incompleto da história das três tecnologias digitais de telefonia. É imprescindível, portanto, considerar a dimensão *situacional* dos encontros e desencontros dos agentes envolvidos no setor de telefonia, em que as regras das interações sociais foram sendo reproduzidas e/ou alteradas à medida que esses agentes improvisavam visões, estratégias e soluções para os problemas técnicos e sociais.

Ou seja, para explicar o *porquê* dos projetos não é suficiente analisar seu contexto estrutural, é preciso examinar ainda como os agentes percebiam e formulavam tal contexto nas situações específicas que iam surgindo. É aqui que a análise faz a passagem da perspectiva ‘externalista’ para a ‘internalista’. Vejamos isso em cada um dos casos na concepção inicial ou no nascimento dos projetos.

VI.4.a - O nascimento dos projetos

No Reino Unido, foi o AGSD que tomou a iniciativa de esboçar e desenvolver o projeto de um sistema digital de telefonia. Mas por que o AGSD? Por que não o Governo, o BPO ou as próprias empresas britânicas? Questões similares podem ser formuladas para os casos brasileiro e sueco. Por que foi o Governo militar que tomou a iniciativa de propor o projeto de um sistema de telefonia? Por que não as empresas brasileiras? Por que as duas empresas suecas decidiram tomar a iniciativa em conjunto? Por que não em separado?

Os agentes principais de cada caso se comportavam de acordo com as regras particulares das esferas sociais. No entanto, tais regras e suas contradições não eram evidentes por si mesmas, elas eram percebidas e questionadas em certas situações, em que visões, estratégias e iniciativas eram formuladas explicitamente pelos atores ‘macro’ dos três casos, como os cientistas e engenheiros britânicos reunidos no AGSD, os setores nacionalistas do Governo brasileiro, as empresas suecas Ericsson e Televerket.

O AGSD “percebeu” que o capital econômico e científico estava fragmentado nas quatro organizações e que para elas se manterem na vanguarda da tecnologia de telefonia (tanto na fabricação quanto nos serviços) deveriam reunir suas forças, ou seja, todo o capital de que dispunham. Porém, contrariando essa visão, as novas regras do mercado de telefonia induziam as empresas britânicas a competirem para fornecer os equipamentos ao BPO, e, assim, nada mais natural que elas deixassem de cooperar em P&D com as outras. Ainda de acordo com tais regras, o capital econômico das empresas exigia empreendimentos com retorno de curto prazo, de forma mais ou menos garantida, embora isso jamais pudesse ser inteiramente quantificado. O capital econômico do

Governo também era crítico e, assim, também ele necessitava de soluções de curto prazo.

Nessa situação, portanto, as soluções teriam podido ser, no máximo, o projeto de sistemas híbridos, ou quem sabe algum aprimoramento dos sistemas híbridos que as empresas já desenvolviam. Isso, segundo o AGSD, bloquearia o caminho para uma solução de longo prazo que servisse tanto ao Governo e ao BPO, quanto às empresas fabricantes.

A questão maior é a seguinte: por que motivo os cientistas e engenheiros britânicos conceberam um sistema revolucionário e formularam a idéia de que ele deveria ser desenvolvido com a participação de todas as empresas? Por que eles não se conformaram simplesmente com as novas normas de competição no setor de telefonia, vindo a desenvolver suas novas idéias e concepções dentro das próprias empresas?

Pode-se começar afirmando que os cientistas e engenheiros percebiam que as regras eram conflitantes entre si, e essas contradições eram vistas como entraves para a criação de um novo sistema. Eles tinham clareza quanto às características distintivas da tecnologia de telefonia que, entre outras particularidades, exige longo tempo de maturação. Pode-se dizer que eles conheciam bem as regras do campo científico/ técnico da área de telefonia pública: 1) os novos equipamentos deviam ser compatíveis com os já existentes; 2) eles precisavam funcionar em tempo integral e com o mínimo de falhas possível, ou seja, com altíssimo nível de confiabilidade; 3) sua manutenção tinha de ser realizada com o sistema em funcionamento; portanto, devia ser eficiente e relativamente fácil e barata. Este tipo de tecnologia era, portanto, muito particular, porque, além de não poder ser planejada e construída em poucos anos, ela exigia uma capacidade de adaptação tal, que o sistema pudesse evoluir com a rede telefônica em crescimento e com as novas tecnologias dos componentes e peças, que estavam (e estão) em constante evolução.

Essa é uma parte da resposta, sem dúvida. Creio, entretanto, que ela ainda não explica como os cientistas chegaram até ela. É preciso examinar situações em que as

regras contraditórias induziram conflitos entre visões diferentes. Uma delas, que certamente chocou os cientistas e engenheiros e os fez refletirem sobre a situação então criada, foi a compra da empresa AEI pela GEC em 1968, ano em que o acordo do Anel foi formalmente cancelado. Uma das primeiras medidas tomadas pela GEC foi a de desmantelar inteiramente seu departamento de P&D, em que se desenvolvia o sistema ‘reed-relay’, o TXE4, em conjunto com a STC, deixando esta sozinha na finalização do seu desenvolvimento. Tal ato foi visto pela comunidade científica do setor de telefonia como um golpe dado por uma empresa britânica, a GEC, somente porque ela não queria concorrência para seu sistema ‘crossbar’, que desenvolvia em conjunto com a Plessey. A GEC esperava com isso que a STC não conseguisse finalizar o TXE4 e, assim, seus equipamentos ‘crossbar’ teriam maior probabilidade de vendas garantidas para o BPO. Golpe sujo? Sim e não. Dentro das novas regras de competição do setor, tal atitude podia ser considerada normal, mas para a comunidade científica, que se sacrificara por vários anos para desenvolver tecnologias, aquilo soava como acintosa afronta. Outra situação que ocasionou reflexões sobre a validade dos vários sistemas que estavam sendo implantados no Reino Unido, foi a provocada pelas dificuldades do BPO em compatibilizar e operar adequadamente diversos sistemas na mesma rede (Strowger, ‘crossbar’ e ‘reed-relay’).

Nessa situação histórica específica, do final dos anos 60 e início dos 70, a contradição entre a necessidade de cooperação científica e econômica para gerar um novo sistema, dadas as regras particulares do campo científico da telefonia, e as ações dos agentes que seguiam as regras de competição da esfera econômica, aflorou de forma inusitadamente clara para os cientistas e engenheiros do setor. A conclusão a que provavelmente chegaram deve ter sido algo como: “se isso continuar assim, não vamos chegar a lugar nenhum”. Essa circunstância pode ter fornecido o estímulo necessário para que eles fundassem rapidamente o grupo AGSD, três meses após a extinção do JERC, em 1968, que ocorreu juntamente com o fim do acordo do Anel.

Em suma, a contradição fundamental, percebida e formulada pelo AGSD, era a de que a capacitação tecnológica britânica estava dispersa e necessitava ser integrada por uma estratégia de longo prazo, e que, portanto, as visões e soluções de curto prazo –

do Governo, que desejava a mera expansão da produção dos equipamentos Strowger, e das empresas com seus sistemas híbridos pouco promissores – acabariam por gerar, a longo prazo, um desperdício de recursos, e que seria o próprio Governo quem terminaria por arcar com as consequências negativas em termos de custos.

Na Suécia, numa situação inteiramente diversa, a Ericsson “percebeu” que precisava se associar à Televerket para criar equipamentos mais avançados e baratos e, assim, poder continuar competindo no mercado internacional, conclusão bastante óbvia à primeira vista, na medida em que o mercado é uma área que muitas vezes parece evidenciar-se por si mesma. No entanto, a abordagem alternativa nos obriga a indagar como esse problema foi percebido e como tal percepção de fato se desenrolou, pois é preciso evitar conclusões apressadas, baseadas apenas no contexto aparente. Caso contrário, não se poderia compreender por exemplo por que, apesar do contexto econômico competitivo vigente no Reino Unido, as empresas britânicas terminaram por deixar a competição de lado (ao menos parcialmente) e cooperar para desenvolver o novo sistema.

No caso sueco, os acontecimentos que precipitaram tal percepção foram, como já foi descrito, a perda pela empresa Ericsson de concorrências importantes, como a da Austrália em 1969. Esses eventos tornaram claro para as duas empresas, em especial para a Ericsson, que seus equipamentos tinham chegado bem perto do limite de competitividade (ver Capítulo V). Só para lembrar, os sistemas ‘crossbar’ convencionais eram bons mas limitados, e os com ‘SPC’ eram avançados mas muito complexos e caros.

No Brasil, o contexto econômico era muito claro: não havia empresas brasileiras no setor de telefonia e as estrangeiras, como já dispunham de sua tecnologia, não tinham interesse em desenvolver outra no Brasil. Por isso, o projeto brasileiro somente pode ser entendido dentro do contexto maior de uma política governamental de criar capacitação tecnológica nacional em vários setores, entre eles o de telecomunicações (ver Capítulo IV). É então importante analisarmos como esse contexto era percebido e formulado pelo

Governo militar, isto é, como se configurava a ideologia nacionalista por trás de suas iniciativas.

O objetivo de acabar com a ‘ameaça da subversão’ e garantir que o Brasil continuasse a ser um país integrado ao mundo capitalista unia praticamente todos os militares, ou pelo menos os da alta hierarquia. Como já vimos, essa ‘missão’ contra os ‘subversivos’ servia de *legitimação* para o controle anti-democrático que os governos militares exerciam sobre o país. Porém, havia entre os militares um grupo ‘nacionalista’ que, ao contrário do grupo ‘americano’, desejava além disso que o país progredisse economicamente de forma um pouco mais independente. Eles “percebiam” que a política econômica adotada pelos primeiros governos militares, desde o Golpe de 64, não incorporava essa preocupação, e que o país estava servindo como entreposto para a produção de riquezas com mão-de-obra barata e como mercado consumidor de produtos estrangeiros. Para este grupo, a política econômica havia aberto o Brasil para o exterior sem uma contrapartida para o país. Eles desejavam algo em troca da proteção que garantiam para esses grupos internacionais. À medida que passavam os anos, a ideologia nacionalista foi se configurando mais nitidamente, e conflitos internos sobre a orientação do Governo foram revelando a disputa entre o setor ‘americano’ e o ‘nacionalista’. Na vitória contingencial relativa desse último em 1974, subiu ao poder - na sucessão do general Médici - o general Ernesto Geisel, que procurou apoiar mais ativamente a criação de uma indústria brasileira em setores-chave da economia (ver Capítulo IV) e a geração de capacitação tecnológica nacional nesses setores, entre eles o de telecomunicações. Foi, portanto, dessas confabulações ideológicas e políticas que surgiram as idéias da necessidade de capacitação tecnológica nacional em setores-chave e de planos nacionais de P&D - chamados PBDCT.

Como o leitor pode perceber, há um certo paralelismo às avessas entre os casos britânico e brasileiro. O Governo brasileiro, embora contasse com elevado capital político e econômico, não tinha o capital científico, essencial para promover a geração de tecnologia. Em situação inversa, no Reino Unido, embora o AGSD contasse com capital científico (eram suas as idéias iniciais sobre o novo sistema), faltavam-lhe tanto o capital político para alterar as regras de competição do setor (e abrir caminho para a

cooperação entre o BPO e as empresas), quanto o capital econômico para o investimento de peso que representaria o novo projeto.

Portanto, no Brasil e no Reino Unido as condições ainda não estavam “maduras” para o nascimento dos novos projetos. Na Suécia, ao contrário, elas eram plenamente favoráveis. Sem dúvida, esse é um dos motivos que explicam o rápido desenvolvimento do projeto sueco. As duas empresas tinham alto capital científico e econômico e, na esfera política do setor de telefonia, também detinham capital político. O fato que evidencia isso foi o apoio do Governo sueco à aprovação, em 1970, de uma lei que permitia à estatal sueca, a Televerket, criar e gerenciar outras empresas. Essa lei já fazia parte da estratégia das duas empresas, no sentido de procurarem concentrar seus recursos, de modo a criarem em conjunto um novo sistema de telefonia.

Para tentar ampliar o parco capital científico disponível, a estratégia do Governo brasileiro, através do Ministério das Comunicações (MiniCom), foi de procurar integrar os profissionais acadêmicos e estudantes de algumas universidades e centros de pesquisas em projetos exploratórios (ver Capítulo V), utilizando um recurso barato que se apresentava como ‘público’ – o conhecimento científico básico no setor de telecomunicações. Desse modo, o MiniCom sondava as possibilidades de levar adiante, entre outros, o projeto de um sistema brasileiro de telefonia.

Já no Reino Unido, a estratégia dos cientistas do AGSD foi de buscar convencer o BPO e o Governo da justeza de sua visão de longo prazo para solucionar os problemas de expansão da rede telefônica britânica e, ao mesmo tempo, de galgar a hierarquia política do BPO para tentar alterar as regras vigentes para o setor. Isso foi feito por meio de relatórios sobre o novo projeto, sobre os custos de variação, além de simulações entre os sistemas existentes e o novo, em que se procurava demonstrar as vantagens deste em relação ao demais em termos técnicos e econômicos (ver Capítulo V).

Em suma, “dadas” as condições iniciais, os agentes de cada caso “perceberam” e formularam a seu modo visões e estratégias sobre como superar os problemas enfrentados. Portanto, o lado ‘subjetivo’ era essencial para a consecução das visões.

estratégias e iniciativas, pois ele ia se configurando a partir das condições ‘objetivas’ pré-existentes, ao mesmo tempo em que as reproduzia ou transformava. É através desse lado ‘subjetivo’ que várias das condições “pré-existentes” tomavam a forma ‘objetiva’ que aparentavam ter. Assim, vemos que é imprescindível efetuar, de maneira cíclica, a passagem da perspectiva ‘externalista’ para a ‘internalista’, para que se consiga explicar o *porquê* das iniciativas dos projetos. O importante a destacar aqui é que, de acordo com a análise alternativa, essa passagem de uma perspectiva para a outra não é feita uma única vez, mas sim em cada um dos momentos em que os agentes fazem alguma reavaliação ou tomam uma decisão mais importante sobre os rumos do processo de geração tecnológica.

VI.4.b - A formação dos grupos de desenvolvimento dos projetos

Como já dissemos, a estratégia inicial do AGSD foi a de convencer o BPO e o Governo da necessidade de um novo sistema. Mas ao lado disso era imperiosa, de acordo com o BPO (agora assumindo as preocupações do AGSD), a adoção de um sistema intermediário para substituir imediatamente o velho Strowger e a partir daí procurar convencer as empresas a integrarem um grupo conjunto para desenvolver o novo projeto.

Embora o BPO tenha passado logo a contar com o apoio formal do Governo a seu plano, este, como é evidente, não respondia apenas às demandas do BPO mas a todo um conjunto de forças políticas que controlavam ou pressionavam os meios de decisão do Estado britânico. Até por causa do grande número de atores que participam normalmente do Estado, a lógica da esfera política governamental costuma ser mais lenta e sujeita a jogos de força entre inúmeros grupos políticos. Por isso, quando o BPO optou pelo sistema ‘reed-relay’ da STC como sistema “tapa buraco” - o que acabou gerando uma crise no setor, com as duas empresas rivais se rebelando publicamente contra o BPO e o próprio Governo -, essa escolha deu início a um processo de luta política que se arrastou por mais de dois anos nos bastidores do Governo. A solução final foi de conciliação, e as empresas preteridas também foram premiadas com contratos para a produção de seus sistemas ‘crossbar’.

Convém destacar que a solução encontrada para persuadir as três empresas a se associarem ao projeto conjunto foi a de satisfazê-las com contratos para a aquisição dos seus sistemas híbridos, e não a de procurar a melhor maneira delas se juntarem e organizarem o novo projeto e sua posterior geração, como tinha ocorrido, por exemplo, na criação da Ellemtel na Suécia. É possível que o BPO não tivesse escolha, uma vez que a disputa por contratos para os novos equipamentos do sistema interino se prolongara demasiadamente (quase 3 anos, de 71 a 74), e provavelmente era urgente para a sobrevivência do projeto mostrar publicamente que todas as empresas estavam enfim juntas para cooperarem no desenvolvimento do novo sistema. Neste sentido, é reveladora a afirmação de um membro da alta direção de uma das empresas, a STC, de que ela somente se dispôs a participar do projeto por “cavalheirismo”, já que o BPO e o Governo não lhe deixavam outra opção. Tal declaração é bem reveladora do interesse da empresa e expõe o clima de “boa vontade” que existia entre as empresas e o BPO. Seja como for, em 1974 seria finalmente fundado o comitê de desenvolvimento do projeto ‘System X’.

A situação sueca, recorde-se, apresentava condições mais favoráveis, e não houve necessidade de um período inicial de maturação, como nos casos brasileiro e britânico, nos quais os promotores inicialmente buscaram aumentar seu “capital” e alterar certas condições desfavoráveis. Na verdade, poderíamos dizer que o período de dois anos em que o engenheiro Magnusson permaneceu na Ericsson, vindo da Televerket (de 68 a 70), serviu para que ele e seu grupo conhecessem e se familiarizassem com a cultura da Ericsson, amadurecendo o ambiente com vistas à criação de um grupo conjunto (Ellemtel), formado por cientistas, engenheiros e gerentes das duas empresas. Em suma, não havia contradições de monta. Uma possível fonte de conflitos teria sido a definição a respeito da propriedade das patentes sobre o novo sistema de telefonia. Isso foi resolvido com a estratégia de fundar uma empresa conjunta, a Ellemtel, cujas ações estavam divididas igualmente nas mãos das duas empresas, Ericsson e Televerket. Assim, quando a nova empresa foi criada, em 1970, as duas tinham direitos sobre tudo o que ela criasse. É importante frisar que a divisão do

mercado continuava sendo respeitada, ou seja, o mercado sueco era suprido basicamente pela Televerket e o externo, pela Ericsson.

No caso brasileiro, por último, já se pôde notar que a política econômica ‘nacionalista’, por mais fundamental que tenha sido, não elucida inteiramente o processo que levou à fundação do CPqD, com vistas à geração de um sistema brasileiro de telefonia. Em particular, essa política não explica o processo de criação do capital científico, já que este não podia ser gerado por si mesmo com a simples criação de uma política econômica favorável para o setor, ou a compra de conhecimento no exterior. Nesse sentido, enfatizamos mais um vez, se uma dada análise não permite conceber a relativa autonomia da esfera científica com suas regras, dinâmicas e agentes próprios, ela se torna fatalmente truncada, já que o processo de criação e ampliação da capacitação científica e tecnológica na área de telefonia não se reduz ao econômico ou ao político.

A iniciativa sem dúvida partiu do MiniCom, que delegou poderes de decisão – capital político – a dois engenheiros, para que comesçassem a procurar professores e estudantes universitários envolvidos com a engenharia elétrica e especializados em telecomunicações. A análise alternativa permite aqui uma *articulação estruturada* do contexto mais amplo com a iniciativa de atores locais (não ‘micro’). Assim, os dois engenheiros, Machado e Bahiana (ver Capítulo V), foram os atores com algum capital científico que tomaram iniciativas no sentido de criar os primeiros grupos de pesquisas exploratórias relacionadas com telecomunicações. Ou seja, pode-se afirmar que para criar e ampliar o capital científico, era necessário que ele já existisse em algum lugar no Brasil, ao menos de forma incipiente⁴.

É conveniente recordar o papel de apoio dos órgãos públicos de fomento à pesquisa, como o CNPq e a Capes, que possibilitaram a gerações de estudantes a especialização no exterior e a difusão no Brasil de todo o conhecimento “público” adquirido lá fora. Essa foi a fonte inicial da capacitação tecnológica brasileira no setor

⁴ O desenvolvimento da autonomia de qualquer atividade social só pode ser feito através da própria autonomia já existente, mesmo que ela seja mínima. Para uma visão sobre o assunto, ver Castoriadis em ‘Psicoanálise e Política’ (Castoriadis, 1994).

de telefonia – parte da “fagulha inicial”. Se assim não fosse, se esse conhecimento, digamos, tivesse sido apropriado de modo privado e ficasse sob o domínio das empresas estrangeiras, o sistema brasileiro de telefonia jamais poderia ter sido criado.

Para visualizar melhor a autonomia da esfera científica, utilizo aqui a metáfora do fogo. Imaginemos que se queira fazer ‘fogo’. Precisamos, para isso, de pelo menos dois elementos: lenha (carboidratos) e ar (oxigênio). Porém, o fogo não aparece imediatamente, pelo simples fato de termos à mão esses dois elementos. Ele precisa ser induzido por calor e por uma fagulha inicial. Uma vez começado, o fogo poderá, talvez, manter-se pela própria combustão, que gera mais calor, resultando num processo com relativa autonomia. Voltando, agora, ao caso brasileiro, dadas as condições necessárias (apoio econômico e político) e o estímulo inicial com a formação de um grupo de pesquisadores, a capacitação científica e tecnológica também pôde manter-se e evoluir com relativa autonomia, inclusive inventando estratégias próprias para utilizar os apoios políticos e financeiros, bem como para procurar ampliar os recursos científicos e técnicos não disponíveis. Contudo, ela poderá “se apagar” se lhe faltar o necessário apoio.

Foi portanto uma dinâmica da esfera científica – professores, pesquisadores e estudantes universitários trabalhando em conjunto – que produziu as primeiras pesquisas exploratórias na área de telefonia. Essa dinâmica relativamente autônoma, que tinha evidentemente o apoio político e econômico do Governo, foi fundamental na criação da capacitação tecnológica na área. O trabalho de um pequeno grupo de 60 pessoas deu início ao projeto ‘Siscom’ e contribuiu decisivamente para integrar e ampliar o parco capital científico brasileiro no setor de telefonia. Graças ao sucesso do Siscom (e de outros projetos) foi fundando em 1976 o centro de pesquisas da Telebrás, o CPqD.

VI.4.c - O desenvolvimento dos projetos

O processo de desenvolvimento do projeto ‘System X’ no Reino Unido ficou profundamente marcado pela forma com que o comitê conjunto entre BPO e as três empresas fora criado, pois não se definira uma série de questões importantes, como a

propriedade do novo sistema, isto é, as patentes dos módulos e das partes criadas, bem como outras relativas à condução do projeto. Como consequência, o comitê trazia para dentro de si as contradições estruturais das esferas sociais e do funcionamento de algumas das organizações, como o BPO, bem como todo seu potencial para provocar conflitos. Essa característica peculiar do grupo que conduziu o projeto britânico se torna evidente quando comparada com as organizações criadas no Brasil e na Suécia para desenvolver seus projetos, o CPqD e a Ellemtel, respectivamente. Nestas, a propriedade sobre as patentes e dos recursos financeiros para infraestrutura e investimento fora definida de antemão. Desse modo, uma série de conflitos pôde ser evitada com antecedência.

Além disso, a organização do comitê conjunto do projeto fora arquitetada pelo BPO. Seu modo de funcionamento era, evidentemente, pela própria tradição de trabalho do BPO, o de um modelo burocratizado. Seus engenheiros e gerentes estavam acostumados a realizar pesquisas dessa forma. As empresas, por seu turno, empregavam outra dinâmica e estavam acostumadas a agir com uma visão mais comercial. Eram duas lógicas de funcionamento que se confrontaram no trabalho de geração do novo projeto. Assim, “dada” a estrutura do comitê, as várias contradições entre as regras de funcionamento das esferas sociais, bem como o fato dos participantes deterem capital político, científico e econômico relativamente equilibrado (com exceção do Governo, mas este não participava diretamente do comitê), tornou-se quase que inevitável a ocorrência de inúmeros conflitos. Ou seja, os quatro participantes tinham visões muito diferentes sobre como conduzir o projeto, negociavam em pé de igualdade e nenhum deles tinha condições de subjugar os outros, já que havia uma dependência recíproca: o BPO, em relação aos recursos das empresas e das decisões do Governo, e as empresas em relação aos contratos do BPO (via Governo) para a compra dos novos equipamentos.

A contradição entre as esferas econômica e científica transparecia com vigor no funcionamento do comitê. Quando o BPO conseguiu finalmente reunir as empresas, para gerarem em conjunto o novo sistema, as empresas britânicas continuaram atuando como rivais dentro do comitê conjunto, apesar da necessidade de cooperação no campo científico. Ou seja, se elas já competiam no mercado britânico, era quase impossível que

não continuassem a fazê-lo dentro do comitê conjunto. A contradição entre a lógica de competição, vigente no mercado de telefonia, e a necessidade de integração e cooperação estreita entre todos os agentes moldou um terreno fértil para a emergência de conflitos entre cientistas preocupados com o projeto e gerentes preocupados com a definição e divisão dos contratos e patentes das várias partes do novo sistema.

Nesta situação particular do comitê conjunto, não surpreende que as negociações em torno de várias questões importantes do projeto tenham sido longas e complexas. A característica mais marcante dessas negociações era a falta de confiança mútua entre os participantes, como por exemplo transpareceu na definição do módulo do processador central (ver Capítulo V). Esse módulo foi fruto de uma negociação conturbada (cheia de blefes) entre o BPO e as empresas GEC e Plessey, com essas disputando palmo a palmo a escolha de uma delas para desenvolvê-lo. Em consequência disso, a negociação obscureceu, ao menos parcialmente, as dificuldades técnicas que já poderiam, talvez, ser melhor avaliadas (o suecos o fizeram), quanto ao domínio das técnicas de multiprocessamento. Somente mais tarde, em 1979, pôde-se avaliar melhor essas dificuldades. Nesta questão, podemos concluir que o capital científico dos quatro participantes era médio no que tange ao domínio das técnicas de multiprocessamento. Sintoma disso é que o primeiro controle ‘SPC’ somente foi concluído em 1977, em Pathfinder (ver Capítulo IV). Eles não tinham muita experiência com problemas dessa área (ao contrário dos suecos) e negociaram o módulo do processador apostando que os problemas seriam de fácil resolução. Provavelmente, aqui entra um elemento característico da esfera científica: o fascínio do desafio científico/ técnico dos atores da área científica na resolução de questões técnicas, que escondia dos gerentes das quatro organizações o grau de incerteza nas técnicas de multiprocessamento.

Também não surpreendem as estratégias conflitantes adotadas pelo BPO e as empresas. Estas reagiam à coordenação do BPO no comitê buscando obter lucros com a própria P&D e recorrendo a contatos com setores do Governo, por meio de ‘lobbies’, de modo a defender seus interesses no projeto indiretamente, através dos canais de dependência do BPO em relação ao Governo. A STC, em particular, insistia no desenvolvimento do seu sistema híbrido ‘reed-relay’, paralelamente a sua participação

no novo projeto. Era evidente que seu comprometimento com o novo sistema era no mínimo ambíguo. A estratégia do BPO foi a de redividir os módulos de modo a torná-los mais independentes – ‘modularização política’ –, para que pudessem, assim, ser desenvolvidos em separado (muito embora o resultado final tivesse que ser compartilhado pelas três empresas). Com isso, o BPO visava satisfazer o desejo das empresas de gerar os módulos em ‘relativo segredo’.

Poderíamos nos perguntar por que a GEC e a Plessey não viram o novo sistema como sua “tábua de salvação” no setor de telefonia. Note o leitor que a estratégia do BPO para associar as empresas, realizada por meio de contratos para aquisição de seus sistemas ‘híbridos’, fora uma ‘faca de dois gumes’, na medida em que os participantes, uma vez associados, também estavam ocupados em desenvolver e produzir os seus respectivos sistemas. Não surpreende, portanto, que não tenham dado prioridade ao novo projeto. Porém, no momento em que o BPO encerrou os contratos dos sistemas ‘crossbar’, as duas empresas passaram a assumir o novo sistema como parte do seu futuro, no final dos anos 70. Esse não era o caso da STC, que nesse período desenvolvia a segunda versão do sistema ‘reed-relay’, o TXE4-A, uma versão com ‘SPC’ do seu sistema ‘reed-relay’.

É importante destacar que essas situações e estratégias conflitantes do caso britânico eram condicionadas pelas contradições entre suas esferas econômica, científica e política. Jamais uma análise poderá elucidar o desenrolar dessa história sem referência explícita a esse contexto contraditório. É nesse aspecto que a perspectiva ‘internalista’ resulta numa análise incompleta, pois, embora os atores locais (cientistas e gerentes) e globais (Governo, BPO e empresas) sejam analisados nas negociações que entabulam, as regras dos contextos particulares das esferas científica, política e econômica, em particular suas contradições específicas, são menosprezadas ou examinadas de maneira incompleta, tornando-se por vezes meras ilustrações históricas.

Por outro lado, embora as situações descritas acima tenham estado sempre condicionadas pelas regras estruturais e suas contradições, as iniciativas dos agentes jamais derivavam diretamente delas. Exemplo claro disso foi a estratégia do comitê

conjunto de montar um bela exibição do novo sistema em Genebra (ver Capítulo V), em 1979. Foi uma oportunidade que surgiu e foi bem aproveitada porque o projeto tinha, bem ou mal, um lado bastante avançado, apesar do problema com o processador central. Tal problema, é claro, foi devidamente escondido. Seu bom resultado deveu-se ao fato do novo sistema ter características muito avançadas (sistema digital com chaves eletrônicas, arquitetura modular e potencial evolutivo, primeiro com ‘Canal Comum Nº 7’, padrão adotado pela CCITT). É evidente, também, a importância do pequeno porte da central telefônica levada para Genebra, pois ela não exigia alta capacidade de processamento. Porém, acima de tudo, a apresentação foi uma bem sucedida ‘criação estratégica’ de propaganda, improvisada pelos cientistas e engenheiros que estavam comprometidos com o projeto e desejavam provar a validade de sua continuidade.

A intervenção do Governo no comitê conjunto do projeto em 1980 nos mostra com clareza a influência de uma dinâmica *externa* ao processo de geração do novo sistema, uma vez que, nos termos da abordagem alternativa, a influência que os atores do setor de telefonia tinham sobre o jogo da esfera política maior (resultado das eleições) era muito menor do que o inverso. Assim, pode-se dizer que essa intervenção foi resultado da vitória conservadora, nas eleições gerais de 1979, pela qual um novo grupo - com a Primeira-ministra Thatcher no comando - se apoderou dos instrumentos de dominação e decisão do Estado britânico. O novo grupo tinha como linha mestra de pensamento, como é bem conhecido, a defesa dos grupos econômicos privados contra a atuação do Estado na economia, como no setor de serviços telefônicos, por exemplo, onde a justificativa neo-liberal era de que os serviços fornecidos pelo Estado eram lentos, obsoletos, burocratizados e sujeitos (negativamente) às pressões corporativas dos sindicatos britânicos. Não por acaso, a situação do setor britânico de telecomunicações era um “prato cheio” para o Partido Conservador defender sua tese de privatização das companhias estatais. O BPO era uma organização que cuidava de dois serviços bem distintos (correios e telefones) e que não contava com agilidade e autonomia para gerir sua administração. A partir dessas críticas, os conservadores pregavam a reformulação do setor de telefonia, com a transformação do departamento de telecomunicações do BPO em uma organização independente com a finalidade de cuidar exclusivamente dos serviços telefônicos. Essa era, aliás, uma das reivindicações do próprio sindicato dos

engenheiros do BPO (POEU), contra a posição do sindicato dos trabalhadores do BPO (UPOW) (Hills, 1984). Apesar disso, a defesa da privatização dessa nova empresa não era feita abertamente, só estava implícita no discurso neo-liberal do grupo.

Assim, quando a maré conservadora varreu o Reino Unido em 1979, o setor de telefonia sofreu profundas mudanças e o projeto do novo sistema também. Em 1980, nasceu a BT e o projeto sofreu longo período de intervenção. A iniciativa do Governo, porém, não explica todos os seus rumos, pois ele apenas imprimiu a nova diretriz política geral, a de que, em termos simplificados, o mercado deveria ser o principal responsável pelo desenvolvimento econômico e pela geração das tecnologias necessárias para tanto. As novas regras definiam que eram as empresas que deveriam, caso desejassem, finalizar o projeto, e que a BT deveria apenas orientá-las com as especificações da rede britânica.

Nos termos da abordagem proposta, a ação do novo Governo obedeceu às regras do programa conservador de defesa da propriedade privada e da apropriação de empresas públicas por grupos privados, bem como às sugestões dos relatórios da Comissão Carter, que defendiam que o projeto andaria mais rápido se sua condução passasse para as mãos das empresas. Isso é tudo o que podemos derivar das regras adotadas então pelo Governo conservador.

As situações e as negociações que ocorreram posteriormente, em que o grupo interventor redefiniu as novas regras do setor de produção dos equipamentos de telefonia, não podiam ser derivadas diretamente delas. Assim, podemos dizer que esse grupo negociou e levou em conta os interesses do Governo, da BT (ex-BPO), das empresas e dos cientistas e engenheiros do projeto. Alguns destes agora se encontravam bem localizados em posições de poder dentro do novo Governo, como John Whyte por exemplo, que participou do AGSD e do processo de convencimento do BPO e Governo sobre a necessidade do novo projeto (os relatórios e simulações), e que certamente defendeu a continuação do projeto.

No caso sueco, em nítido contraste, como o leitor já pôde perceber, as contradições eram poucas, e a Ellemtel contava com alto “capital” nas três esferas sociais. Houve com certeza disputas em torno dos requisitos técnicos do novo sistema. Enquanto a estatal Televerket queria que os seus requisitos (os da rede sueca) fossem atendidos em primeiro lugar, a Ericsson estava preocupada com aqueles que ela encontrava nos vários mercados do mundo onde comercializava seus equipamentos. Houve disputas também entre os que ainda consideravam os velhos modelos híbridos como passíveis de aprimoramento e comercialização, e o setor que desenvolvia o novo sistema digital de telefonia, o AXE-10. Não era claro, durante os anos do projeto, quando eles deveriam abandonar os velhos equipamentos e se lançar no mercado com o novo sistema.

A estratégia dominante na Suécia era fortemente comercial. Havia um elemento que reforçava o alto “capital” da Ellemtel para gerar o novo sistema: a Ericsson tinha como tradição de sua política de recursos humanos o deslocamento gradual dos engenheiros das áreas técnicas para os departamentos comerciais e vice-versa (Meurling, 1984). Isso contribuiu para criar um ambiente de forte integração entre pesquisa básica e aplicada. Desse modo, também os vendedores tinham conhecimento técnico elevado para entenderem problemas de projeto, instalação e operação. O próprio Meurling, por exemplo, viajara para o México para trabalhar como consultor de vendas. E os engenheiros projetistas, por seu turno, tinham conhecimento prático dos problemas específicos do mercado mundial de telefonia.

Portanto, a estratégia de entregar a realização do projeto inicial a um grupo de engenheiros que trabalhavam em comercialização e marketing, revolucionária na época, pode ser vista, dentro de uma perspectiva ‘externalista’, como resultado da situação competitiva do mercado internacional e da tradição de integrar atividades científicas/técnicas com as comerciais, pelas quais a Ericsson se pautava. Porém, isso compõe apenas parte da explicação. A outra deve ser procurada dentro de uma perspectiva ‘internalista’, assumindo-se que aquela estratégia derivava de uma improvisação das regras posicionais e disposicionais no sentido de que a criação de um projeto por “vendedores” nunca tinha sido realizado antes, era uma criação histórica, ao menos no

setor de telefonia. Tal improvisação cristalizava (reproduzindo/ alterando) as regras estruturais “pré-existentes” dentro de uma nova configuração.

No Brasil, o desenvolvimento do projeto apresentou um revés inicial. O projeto ‘Siscom II’ não resultou na construção da central digital proposta. Várias foram as causas do fracasso. De acordo com a abordagem alternativa, elas devem ser procuradas tanto no contexto ‘externo’ – as dinâmicas econômica e política mais amplas –, quanto na dinâmica do próprio CPqD.

Ao lado das iniciativas com o objetivo de criar indústria brasileira em setores-chave e capacitação tecnológica nacional, o Governo Geisel também iniciou o lento processo de democratização do país. Além disso, seu período de governo coincidiu com o da crise econômica que se abateu sobre o Brasil no final dos anos 70, após a crise do petróleo de 1973, e a recessão mundial da década. Em consequência disso, as iniciativas de cunho nacionalista foram prejudicadas pela diminuição do capital econômico do Estado brasileiro, entre elas as do setor de telefonia. Esse é um dos fatores que ajuda a explicar porque diversas empresas estrangeiras conseguiram burlar as regras do mercado ao se “nacionalizarem”. O Governo havia se enfraquecido e, assim, teve que aceitar a estratégia dessas empresas. Em suma, a democratização ocorreu paralelamente ao processo de enfraquecimento econômico e político do Governo militar⁵.

A política econômica nacionalista de promoção de uma capacitação tecnológica brasileira era, portanto, contraditória, pois ao mesmo tempo em que o Governo apoiava o CPqD e seu projeto, continuava negociando e adquirindo equipamentos de telefonia das empresas multinacionais. O Governo não podia, é óbvio, deixar de empregar esses equipamentos enquanto o sistema brasileiro não estivesse pronto. Mas há ainda outro elemento que ia crescendo de importância à medida que o processo de democratização se aprofundava.

⁵ O último presidente militar, o general Figueiredo, governou de 1979 a 1984. Em 1979, os presos políticos foram anistiados dando início ao processo de re-incorporação das personalidades públicas que tiveram de se afastar do país devido às perseguições políticas.

Ele tem a ver com uma característica do Estado brasileiro: sua permeabilidade aos interesses privados. Os agentes da esfera política negociam favores em troca de apoio econômico. Essa feição ‘clientelista’ do Estado brasileiro é, aliás, característica comum a muitos países do terceiro mundo, como a Grécia, por exemplo (Mouzelis, 1990). Com a democratização da esfera política, os militares foram perdendo gradualmente o controle sobre os meios de dominação do Estado e sendo substituídos por políticos profissionais oriundos de grupos regionais relativamente poderosos e bastante vorazes por cargos públicos nas empresas estatais. Em suma, o Estado como indutor de desenvolvimento econômico e tecnológico enfraquecia-se paulatinamente, não somente pela crise econômica (dívida externa, recessão, etc), mas também por causa do uso privado dos seus meios.

Note o leitor que esse processo é bastante complexo e polêmico. O resumo simplificado dessa situação tem o objetivo de deixar claro que tal processo não pode ser explicado por uma perspectiva ‘internalista’ de quem está no centro da geração de tecnologias (ver Capítulo II, Seção 4.g). O fato do CPqD não ter conseguido, por exemplo, as verbas de que necessitava não pode ser explicado apenas pela *fraqueza da rede sociotécnica* do novo projeto, ou pelo fato do CPqD não se ter tornado um *ponto obrigatório de passagem* do projeto brasileiro para os atores envolvidos em telefonia. As duas razões explicam apenas parcialmente os motivos da falta de verbas para o CPqD. Tais explicações parecem assumir que todos os atores estivessem num jogo único com regras e objetivos únicos, o que simplesmente não é verdade. O CPqD se preocupava com o novo projeto, sem dúvida. Porém, o Governo se preocupava também com as negociações sobre a rolagem da dívida externa, com a pressão das multinacionais, com as pressões políticas da oposição e, em particular, com sua própria manutenção no poder. Nenhum desses jogos, com suas regras e dinâmicas específicas, envolve a construção de uma ‘rede sociotécnica’, como a das centrais de telefonia, por exemplo. Ou melhor, envolve sim, mas a partir de uma perspectiva ‘externalista’, quando o processo de construção de uma nova tecnologia é manipulado como ‘instrumento’ para obter outros objetivos e de acordo com outras lógicas. É isso que a perspectiva ‘internalista’ tem dificuldades para “enxergar”.

Assim, o fato do CPqD não ter conseguido ‘alinhar o aliado Governo na rede do projeto’ se deve não somente ao fracasso do CPqD em “fixá-lo” à rede, mas também ao fato deste ator global (Governo) também estar envolvido com atividades políticas e econômicas que são distintas – no espaço, no tempo e no caráter – das atividades científicas/ técnicas de criação da nova tecnologia. Em suma, a falta de verbas deveu-se a um conjunto de eventos e negociações em torno do projeto que envolvia tanto a lógica da geração da central de telefonia quanto a dinâmica do processo político e econômico maior.

Esse processo maior, particularmente no Brasil, se fez sentir fortemente na empresa Telebrás, que se transformou em instrumento político de desvio de recursos para outros fins (algo similar ao caso britânico) e passou a servir de “cabide” de emprego aos apadrinhados políticos. A principal consequência disso foi que o grande impulso dado pela Telebrás, nos anos 70, no sentido de construir a infraestrutura básica com a ampliação da rede telefônica convencional sofreu uma relativa paralisação nos anos 80 por falta de recursos. Assim, houve um enorme déficit de linhas telefônicas nos anos 80 e 90, que somente agora (1997) está sendo enfrentado com um pouco mais de seriedade.

A fundação do CPqD em 1976 coincidiu portanto com o início dos anos de crise econômica, e isso propiciou a situação de falta crescente de recursos para a infraestrutura do recém fundado CPqD. Suas instalações definitivas, em Campinas (São Paulo), somente ficaram prontas em 1980; durante todo o período anterior os trabalhos foram realizados em instalações provisórias e improvisadas nos prédios da Embratel, também em Campinas. A falta de continuidade dos recursos financeiros acarretou também a carência de recursos humanos qualificados – o grupo inicial era muito reduzido e lhe faltava ‘massa crítica’.

Ainda, compondo o contexto desfavorável, a mesma lei que fundara o CPqD definia a divisão do mercado de telefonia (ver Capítulo V), porém não definia a empresa brasileira que iria trabalhar em conjunto com o CPqD. Faltou, assim, o elo entre a pesquisa e a indústria, sem mencionar a necessidade de cooperação mais estreita com as

operadoras regionais da Telebrás. Recordando, a empresa a ser escolhida pelo Governo foi objeto de disputa entre as multinacionais que se tinham “transformado” em empresas brasileiras, e assim se credenciado para a concorrência das centrais CPA-E (sistema híbrido)⁶, vencida mais tarde pela empresa “brasileira” Matel (Ericsson).

O fracasso da primeira tentativa ocorreu devido também a certa presunção do jovem CPqD, que, com o sucesso das pesquisas exploratórias do primeiro Siscom, se considerou capaz de levar adiante o projeto do sistema brasileiro de telefonia e sua industrialização. Os pesquisadores não conseguiram compor um projeto que compatibilizasse de modo viável os elementos desfavoráveis com as soluções técnicas criadas, o que terminariam por conseguir somente mais tarde, em condições bastante similares, porém adotando uma estratégia diferente. Resumindo, faltavam ‘massa crítica’ (recursos humanos), uma empresa para trabalhar em conjunto (engenharia de produto) e soluções mais flexíveis (modularidade e potencial evolutivo) (ver Capítulo V). O importante aqui é que as causas do fracasso são explicadas na análise alternativa tanto por “falhas” da dinâmica em torno da criação do novo projeto pelo CPqD, como pela dinâmica das condições mais amplas em que o Governo negociava não somente com a Telebrás, o CPqD e as multinacionais do setor, mas também, com inúmeros outros agentes que nada tinham a ver com o projeto da nova tecnologia.

Embora a estratégia gradualista adotada pelo CPqD possa ser explicada pela falta de recursos, o que em parte é verdade, a forma como ela foi conformada não pode, contudo, ser diretamente derivada do contexto. Ela surgiu por iniciativa do seu corpo de gerentes e cientistas, como solução *improvisada* para enfrentar a realidade do contexto específico. Eles não estavam sozinhos, contavam com aliados: o apoio político do Governo, o apoio financeiro, embora certamente longe do nível que desejavam, e soluções técnicas originais e muito baratas, gradualmente desenvolvidas e aprimoradas, como a do processamento totalmente distribuído. Acima de tudo, a estratégia gradualista visava enfrentar os problemas do projeto anterior. Ao invés de propor um projeto global

⁶ É interessante notar que a central sueca AXE-10 foi considerada como um equipamento ‘CPA-E’ e não como ‘CPA-T’, como talvez pudesse ter sido, já que o bloco de chaves eletromecânicas ‘reed-relay’ funcionava dentro de um sistema digital. Porém, como ainda conservava o módulo de chaves eletromecânicas, as centrais foram consideradas analógicas e puderam entrar na concorrência.

do sistema, ele foi sendo projetado por partes, do mais simples para o mais complexo. À medida que essas partes tinham sucesso, o sistema ia se constituindo como um todo: primeiro um ‘concentrador de linhas’, depois uma central de pequeno porte, e assim por diante. A estratégia conseguiu então enfrentar a escassez de recursos financeiros, associar pequenas empresas para a produção de partes do sistema, ampliar gradualmente os recursos humanos e científicos, e, com projetos menos ambiciosos, permitiu que suas soluções ‘técnicas’ fossem melhor conformadas com as condições ‘sociais’ não plenamente favoráveis ao projeto. Além disso, outros ‘aliados’ surgiram de situações históricas específicas, como a estratégia de relacionar o projeto do Trópico R (central de pequeno porte) com a política de interiorização do Governo Figueiredo (ver Capítulo V). Pela análise alternativa, esses eventos são vistos como uma *improvisação* muito oportuna das regras da situação histórica feita em benefício do projeto, pois com isso o CPqD conseguiu se ver livre da pressão das multinacionais do setor e escolher duas empresas brasileiras para trabalharem na industrialização da central Trópico R. Quando as empresas estrangeiras se deram conta, o Trópico R já estava pronto e, para sua surpresa, era uma central digital de porte razoável (quatro mil linhas).

VI.4.d - Os resultados finais dos projetos

Como já foi visto no Capítulo V, o processo de geração do ‘System X’ foi bastante conturbado. Podemos mesmo nos surpreender com seu desfecho final, já que apesar de todos os obstáculos os atores envolvidos (e transformados) conseguiram enfim terminá-lo e implantá-lo na rede britânica. Assim, em 1985, a BT (ex-BPO) iniciava as instalações dos primeiros equipamentos com a tecnologia do ‘System X’, chegando a 23 milhões de linhas em 1995, basicamente no Reino Unido.

Sem tantas surpresas, os primeiros resultados do projeto sueco apareceram em 1977, em Södertälje, Suécia; um ano depois, em Turku, Finlândia; e em 1979, a Ericsson conseguiu vencer uma concorrência na Arábia Saudita (ver Capítulo V). Com produto competitivo e estratégia de ‘marketing’ agressiva, a Ericsson abocanhou uma fatia respeitável do mercado mundial (ver Tabela 1, na introdução da 2ª Parte). A rede sueca,

gerenciada pela Televerket, é atualmente a que apresenta maior densidade de telefones por habitante.

No Brasil, o CPqD e as quatro empresas associadas conseguiram, com sua estratégia gradualista, finalizar a primeira fase do projeto do Trópico RA, em 1990, testando uma central telefônica em São Paulo, e, a partir de 1991, os primeiros equipamentos começaram a entrar em operação na rede brasileira. Até o fim de 1996, aproximadamente um milhão e meio de linhas telefônicas haviam sido instaladas na rede brasileira em todo o país.

É importante analisarmos por um momento as estratégias adotadas que foram bem sucedidas. Eram elas inevitáveis? A estratégia comercial das empresas suecas, em forte sintonia com o mercado, estava necessariamente fadada ao sucesso? Ou ainda, a estratégia gradualista e dissimulada do CPqD no Brasil para enfrentar a falta de recursos e a pressão das empresas estrangeiras era a única possível?

Aqui chegamos a um ponto da análise que é preciso esclarecer bem. No caso sueco, a estratégia ‘comercial’ provou ser a mais adequada, mas isso é tão somente uma conclusão a posteriori, já que a estratégia não garantia automaticamente o sucesso do empreendimento durante todos os anos do projeto. Ela foi sendo manejada de modo a ‘manter-se a prumo’, de acordo com as situações específicas que se sucediam, em que o contexto se alterava e, assim, precipitava novas reavaliações e mudanças de rumo. Tomemos, por exemplo, as soluções técnicas relativas ao software, todas revolucionárias, que foram propostas e desenvolvidas por um cientista sueco muito peculiar, como conta Meurling (op.cit.). Esse cientista vagava a esmo pelos corredores e departamentos da Ellemtel e, nessas “viagens”, ele conseguia obter os preciosos ‘insights’ de soluções revolucionárias, relacionadas com o sistema operacional e a linguagem PLEX. Não tenho elementos para avaliar o quanto essas contribuições foram decisivas. Mas imaginemos, apenas por hipótese, que esse “louco” não existisse. Talvez o resultado do novo sistema fosse diferente - não tão flexível e barato, por exemplo - do AXE-10 de fato criado. Isso, por sua vez, talvez tivesse a consequência de alterar a estratégia de lançamento do novo sistema no mercado, que seria postergado por um ou

dois anos, por exemplo. Essa suposição é apenas um exercício de análise. É bem provável que sua contribuição não tenha sido tão decisiva. O que quero frizar é que a estratégia tinha de ser vista e revista a todo momento, de acordo com os “ventos” das dinâmicas sociais ‘externas’ e das situações históricas que se sucediam, bem como com os resultados parciais das pesquisas e desenvolvimentos, todos elementos não inteiramente controláveis pelos agentes suecos. Em outras palavras, a estratégia bem sucedida não derivava de regras econômicas de competição, guardadas em algum manual econômico universal, inteiramente objetivas ou fora do espaço e do tempo. Apenas pelo fato do vento soprar na direção desejada, num dado momento, nada garante que ele continuará a soprar nessa direção e que nossas operações dentro do barco nos conduzirão necessariamente ao destino almejado. O que se poderia afirmar, quando muito, é que “com grande probabilidade” a estratégia comercial continha elementos importantes para viabilizar o projeto com sucesso.

Igualmente no caso brasileiro, não podemos afirmar que a estratégia gradualista era inevitável. Dentro daquele mesmo contexto histórico outras soluções poderiam ter emergido para o projeto, como por exemplo o seu cancelamento por falta de opções viáveis. Basta imaginar que a solução do processamento totalmente distribuído não fosse viável e barata, ou que o apoio econômico se tornasse nulo por força de circunstâncias políticas momentâneas. Que outra solução restaria ao CPqD? Talvez, hipótese apenas, ele pudesse ter se associado a algum outro centro de pesquisas de um país do terceiro mundo, como China ou Índia. Com essas especulações desejo apenas salientar que, dado o contexto estrutural, as situações históricas específicas se sucedem, oferecendo oportunidades para *improvisações*, e estas nunca estão dadas de antemão, pois são criações históricas. Algumas soluções alternativas talvez pudessem ter sido achadas e escolhidas para aquelas mesmas situações e/ou problemas.

Portanto, os rumos seguidos pelos três processos de geração tecnológica e seus resultados nada tiveram de lineares e inevitáveis, nem os seus participantes eram perenes. Alguns destes sucumbiram ou se transformaram inteiramente no decorrer do processo, como a BT, que, tendo sido uma vez departamento do BPO, foi posteriormente privatizada, modificando-se inteiramente. A situação das empresas

também não estava garantida. Das três empresas britânicas que iniciaram o projeto, apenas uma restou no setor de telefonia pública, a GPT (GEC Plessey Telecom), e, mesmo assim, com 40% de suas ações controladas pela empresa gigante alemã Siemens. Mas o inverso também ocorreu: a Ellemtel sueca surgiu junto com o projeto AXE-10 e, no Brasil, empresas brasileiras foram criadas a partir de vários pequenos/ médios projetos tecnológicos, entre eles, o das centrais Trópico.

Por último, um resultado ‘técnico’ da tecnologia britânica precisa ser destacado aqui, pois incorpora de forma particular o processo ‘social’ que o conformou. A modularidade, característica técnica geral⁷ dos sistemas digitais, adquiriu feições particulares no sistema britânico porque, nesse caso, cada módulo foi desenvolvido de fato em separado por cada empresa, dada a situação pouca amistosa entre elas. Assim, os módulos adquiriram características originadas da experiência específica de cada empresa. O ‘System X’ resultou então de blocos criados de modo relativamente independente, cuja unidade e coerência era fornecida pelas interfaces padronizadas entre eles, idealizadas pelos cientistas do BPO. Sintoma claro disso são as diferentes linguagens de programação utilizadas: ‘Pascal’, ‘C’, ‘Assembler’. As equipes empregavam o que a empresa estava acostumada a usar. É possível que a crítica de certos engenheiros das empresas britânicas de que o ‘System X’ era exageradamente hierarquizado tenha surgido por causa das interfaces extremamente padronizadas. Examinando-se a situação britânica, é bem possível concluir que ele tinha que ser assim, caso contrário não haveria possibilidade de associar os diversos blocos de forma eficiente.

VI.5 - Conclusões

A análise dos três casos foi feita a partir da articulação entre o contexto estrutural dos três projetos nas esferas econômica, política e científica e as visões e iniciativas dos agentes envolvidos no setor de telefonia, utilizando-se para isso as perspectivas ‘externalista’ e ‘internalista’ de forma recursiva. Desse modo, as ações dos

⁷ Característica geral não significa universal ou eterna. Assim, a ‘característica modular’ dos sistemas digitais de telefonia resultou ser uma feição *consensual* (‘fechamento’, na linguagem construtivista) de como estruturar as diversas funções processadas pelos computadores.

agentes, bem como o resultado na forma do sistema criado, não são vistos como tendo-se derivado diretamente do contexto ou de sua 'lógica pré-existente', mas sim como tomando forma a partir das estratégias improvisadas no decorrer de situações históricas específicas.

Essa forma de análise permite perceber sobreposições de regras de atividades sociais diferentes. Por exemplo, uma conclusão a que se pode chegar sobre o caso sueco é a de que a situação particular da Suécia fazia com que as regras da esfera econômica do setor de telefonia se sobrepusessem parcialmente sobre as da esfera científica. A dinâmica econômica do setor exercia forte controle sobre os caminhos das pesquisas, orientando-as de forma preponderante por critérios comerciais. A solução para o processador exemplifica essa situação, pois pelo fato dos diretores e gerentes da Ericsson e Televerket terem um conhecimento maior sobre a área de telefonia e, assim, sobre as dificuldades no domínio das técnicas de multiprocessamento, eles decidiram não prosseguir no caminho de pesquisas em torno dessas técnicas, e usaram um processador "mais" convencional para controlar o novo sistema (ver Capítulo V).

A abordagem proposta revela suas vantagens ao colocar no centro da análise a questão do poder diferenciado dos vários agentes da inovação nas três dimensões das regras da 'produção social' (as técnicas de produção, sua forma de apropriação e a justificação dessa apropriação). Assim, a hierarquia específica das três esferas sociais nos diferentes níveis – do mais amplo (macro) até o interno às organizações participantes – define para os atores da inovação, em cada momento, seus limites e possibilidades de ação, isto é, seu poder de barganha em cada negociação em torno da condução dos projetos tecnológicos e definição de suas características.

Porém, esse contexto hierarquizado é visto apenas como delimitador de possibilidades, não como determinante último delas. Assim, a abordagem proposta também permite uma análise adequada do desenrolar específico de cada caso histórico. Em outras palavras. "dadas" as condições estruturais de cada esfera social, com sua dimensão posicional e disposicional, os agentes questionam e formulam visões sobre tais condições e tomam cursos de ação em situações historicamente específicas, que são

apenas parcialmente determinadas por aquelas condições; assim, suas regras e dinâmicas se concretizam na realidade em situações específicas apenas parcialmente previsíveis – os atores negociam entre si de acordo com seus capitais, nas situações específicas que se sucedem, e assim improvisam estratégias novas e criam novos cursos de ação, reproduzindo ou alterando aquelas condições.

Em suma, a abordagem alternativa permite “enxergar” o processo de configuração recíproca tanto entre diferentes esferas sociais, quanto entre suas condições estruturais e os cursos de ação dos atores tomados em situações historicamente específicas.

A análise alternativa permite ainda focalizar explicitamente o que ganham e o que perdem os atores envolvidos na geração de dada tecnologia. Como os agentes são examinados de forma recorrente: a) dentro do contexto estrutural nas três esferas e em diferentes níveis (macro e micro), e b) nas negociações concretas de que participam, utilizando seu poder diferenciado, tentando negociar a condução do projeto e, ao mesmo tempo, melhorar sua posição nas diferentes hierarquias – até para poderem negociar e conduzir o projeto a partir de uma posição mais forte –, seus ganhos e perdas estão sempre em destaque, de forma explícita, na análise.

Como Mouzelis salienta, a análise nos leva naturalmente às ‘Who questions’ (questões sobre Quem) (Mouzelis, 1995, introd.), ao troca-troca de posições entre os agentes, alguns subindo e outros descendo nas várias hierarquias. ou seja, ao cômputo de quem ganhou e quem perdeu o que, no processo de dado desenvolvimento tecnológico. Assim sendo, essa análise possibilita relacionar as características finais dos três sistemas digitais que foram objeto de nosso estudo com o processo histórico dos que ganharam e dos que perderam nos três casos.

VI.5.a - Balanço dos três casos: ganhadores e perdedores

A GPT e a BT certamente lucraram bastante com o novo sistema britânico de telefonia, um dos mais modernos do mundo. O sistema só não alcançou sucesso ainda

maior, como alguns de seus competidores, a Ericsson por exemplo, porque as empresas não investiram em adaptações do sistema que o tornassem adequado a outra rede telefônica, experiência que a Ericsson ostentava de sobra. Por outro lado, os consumidores também se beneficiaram com uma rede telefônica ampla, com serviços avançados e de boa qualidade. Em relação às tarifas, poderia haver certo questionamento, pois elas continuaram altas por toda a década de 80. Não é objetivo deste trabalho analisar tal questão. Posso observar que os novos equipamentos eram caros. Mas os dados de que disponho não permitem estabelecer vinculação direta do desenvolvimento conturbado e caro do sistema digital britânico com o preço final das tarifas. Há que se analisar também outros processos do setor de telefonia, como a privatização da BT e a criação do duopólio BT/ Mercury nos anos 80, bem como inúmeros outros eventos que escapam ao escopo da presente análise.

A Televerket ganhou com o novo sistema e atualmente gerencia uma das redes mais avançadas e com maior densidade telefônica do mundo. É redundante enfatizar que os consumidores lucraram com isso. A Ericsson, por sua vez, conseguiu uma gorda fatia do mercado mundial de centrais públicas de telefonia, ao lado das gigantes AT&T, Alcatel, Nortel, NEC e Siemens, comercializando-as para mais de cem países de todos os continentes, incluindo-se entre eles o Reino Unido e o Brasil.

No Brasil, finalmente, o resultado imediato do término do projeto da central digital de grande porte, o Trópico RA, em 1991, foi a súbita diminuição do preço dos equipamentos de telefonia pública e uma enorme economia para os cofres públicos do Governo, já que a Telebrás pôde economizar nos gastos com novas linhas e a partir disso, reiniciar a expansão da rede brasileira, parcialmente paralisada durante a década de 80, em decorrência do uso político dos recursos da Telebrás e de seus cargos. Também não é preciso dizer que os consumidores ganharam com a nova tecnologia. As multinacionais, por sua vez, perderam o mercado cartelizado que possuíam e tiveram, finalmente, que competir pelo mercado brasileiro.

Ganhou o país com a capacitação tecnológica nacional, uma capacitação para criar produtos e tecnologias no Brasil, gerando empregos ‘intelectuais’ – para usar os termos de Marques (JCH, janeiro, 1997) – e empregos em indústria brasileira.

Porém, a diminuição do apoio governamental às pesquisas realizadas pelo CPqD redundou e continua redundando em perda para o país, já que suas empresas não têm capacidade econômica para investir pesadamente em P&D e entrar na competição tecnológica com as empresas multinacionais. Nesse sentido, a privatização da Telebrás e a ausência de planos claros para seu centro de pesquisas, o CPqD, patrimônio nacional, levará o país à total dependência tecnológica. O Brasil perde e regride no contexto internacional à posição de país dependente de tecnologias produzidas em outros países.

Conclusão

1 - Conclusões Gerais

1. Começamos esta tese com a observação de que o atual progresso tecnológico e seu imenso potencial encontram-se por demais avançados em relação ao atendimento das necessidades sociais básicas do mundo de hoje, e com a afirmativa de que é necessário elucidar o processo de geração tecnológica para entendê-lo melhor e, chegando a uma reflexão mais ampla, tentar orientá-lo numa direção mais humanista.

Concluimos que esta contradição, entre inúmeras outras, torna patente que as atuais regras sociais orientam as atividades humanas em sentidos conflitantes. Tal situação evidencia também que regras sociais contraditórias estão incorporadas ou são subjacentes ao atual rumo e caráter do progresso tecnológico.

2. Nesse sentido, a abordagem geral ‘Moldagem Social da Tecnologia’ (MacKenzie & Wacjman, 1985; Williams & Edge, 1992) e as várias correntes que a constituem demonstram sua utilidade ao apresentarem uma visão crítica frente ao determinismo tecnológico e utilizarem sistematicamente – para explicar o processo de geração tecnológica – uma série de fatores sociais e técnicos e suas múltiplas interações.

Concluimos que as várias correntes do campo espelham o ponto de partida das análises e, em particular, o tipo de preocupação primordial dos pesquisadores com os problemas relativos à geração tecnológica.

3. Um dos aspectos centrais que diferencia as abordagens ao estudo do tema é a perspectiva adotada nas análises. Elas são basicamente duas (Edge, 1995): uma focaliza o processo de desenvolvimento tecnológico “de fora para dentro” – a perspectiva ‘externalista’; e outra visualiza o mesmo processo “de dentro para fora” – a perspectiva

‘internalista’. A primeira enfatiza o papel condicionante dos fatores econômicos e políticos mais amplos, estruturais ou ‘externos’; e a segunda o papel criativo dos atores, em especial, dos agentes da inovação (cientistas, engenheiros, gerentes, etc), bem como suas estratégias e iniciativas no processo de configuração recíproca entre Sociedade e Tecnologia.

Ambas as perspectivas assumem que os dois lados – as estruturas condicionantes e as iniciativas dos agentes – se influenciam mutuamente; no entanto, elas se distinguem fortemente na ênfase dada a um dos lados. De qualquer modo, análises feitas com apenas uma das perspectivas tendem a se tornar incompletas, na medida em que, ou o processo de *criação* tecnológica dos agentes da inovação fica eclipsado, ou os processos econômicos/ políticos *condicionantes* ficam mal examinados.

Concluimos que é necessário articular as duas perspectivas, pois ambas nos mostram aspectos fundamentais da geração tecnológica.

4. Com o objetivo de contrastar análises feitas somente com uma das perspectivas, e propor uma abordagem alternativa que combina as duas, utilizamos o artifício de “montar” duas abordagens de análise em separado, uma ‘externalista’ e outra ‘internalista’, baseadas nos vários enfoques da Moldagem Social da Tecnologia que se coadunam, mais ou menos, com cada uma delas. Com estas duas abordagens examinamos e comparamos três casos históricos – o desenvolvimento de três tecnologias digitais de centrais telefônicas públicas, o ‘AXE-10’ sueco, o ‘System X’ britânico e o ‘Trópico’ brasileiro.

No Capítulo IV, examinamos um por um, de um ponto de vista ‘externo’, os vários fatores técnicos e sociais que direcionaram e moldaram o desenvolvimento das três tecnologias digitais. O próprio termo ‘fator’ já traz consigo uma conotação ‘externalista’. Concluímos então que, no caso sueco, o fator preponderante, aquele que impulsionou o desenvolvimento do sistema sueco, foi o econômico; no brasileiro, esse fator foi o político; e no caso britânico, ambos os fatores foram responsáveis tanto pelo nascimento do projeto como pelo seu atraso, devido às fortes tensões entre eles.

A conclusão é a de que falta à perspectiva ‘externalista’ uma análise mais acurada do papel crucial dos atores que negociaram e conduziram a geração dos três sistemas digitais, em particular, o dos agentes da inovação.

5. No Capítulo V, invertendo o prisma, as três tecnologias foram analisadas de acordo com a perspectiva ‘internalista’, ligada à visão dos agentes principais que participaram dos seus projetos. Concluimos que, na Suécia, a iniciativa foi tomada pelas empresas Ericsson e Televerket, e a estratégia da Ellemtel, empresa que criou o novo sistema, revelava os objetivos e preocupações fortemente comerciais de todas elas. No Brasil, a iniciativa nasceu de grupos nacionalistas do governo militar então no poder, e a estratégia do CPqD, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás, refletiu em boa medida as preocupações com a falta de recursos com que o CPqD podia de fato contar. No Reino Unido, a iniciativa partiu de um grupo de cientistas e engenheiros reunidos no AGSD (grupo consultor para a definição de especificações), tendo o Correio Britânico (BPO) posteriormente, com o apoio do Governo, assumido a iniciativa; em função do atraso do projeto, houve intervenção do Governo no comitê conjunto, formado pelo BPO e três empresas fabricantes, e a finalização do projeto foi entregue para duas delas.

Concluimos que, desta vez, faltou à análise sob a perspectiva ‘internalista’ uma melhor articulação das iniciativas e estratégias com o contexto social específico de cada país, em particular com as estruturas e dinâmicas específicas do contexto econômico e político.

6. O que as duas perspectivas têm em comum é a distinção adotada (de modo implícito, muitas vezes) entre os níveis micro e macro. É isso que conduz a análise, nos estudos de ciência e tecnologia, à oposição entre estruturas e agentes, de modo geral, e entre os processos políticos e econômicos maiores e os de geração científica/tecnológica, em particular.

O dilema é “resolvido” assumindo-se que a contribuição das estruturas e agentes para o processo de geração tecnológica, bem como das atividades econômica, política, científica (entre outras), é essencialmente assimétrica e variável, e que essa ‘variabilidade’ também se transforma historicamente. Ou seja, algumas estruturas e agentes influem mais efetivamente nos destinos da sociedade e na geração de tecnologias. A questão está então em como conceber essa influência variável em termos analíticos.

Concluimos que isto pode ser feito rompendo-se a identificação de ‘ator’ com nível ‘micro’ e de ‘estrutura’ com nível ‘macro’, e assumindo-se que a distinção entre eventos micro e macro deve ser feita em função do tipo de ator ou de estrutura envolvido, ou seja, com seus possíveis efeitos no espaço e no tempo (Mouzelis, 1995). Agente e estrutura podem ser tanto micro quanto macro, dependendo do alcance maior ou menor de sua influência nas diferentes atividades sociais. Portanto, os agentes da inovação, como os cientistas do CPqD, do AGSD e da Ellemtel, também são agentes macro.

7. Nesta distinção, torna crucial-se o papel da hierarquia social, pois ela contribui fortemente para definir a posição dos atores (macro/ meso/ micro) em cada uma das atividades sociais (econômica, política, científica, religiosa, etc) e sua capacidade transformativa da realidade, isto é, seu “capital” econômico, político, científico. Finalmente, essa distinção permite que se estabeleça de forma analítica “pontes” entre os vários níveis micro e os macro, e entre os “jogos” que os agentes macro estabelecem e manipulam para os agentes micro.

Concluimos então que o papel da hierarquia social deve ser incorporado explicitamente nas abordagens sobre a geração tecnológica.

8. Pelo menos três esferas de atividades sociais influenciam qualquer geração tecnológica: a econômica, a política e a científica. Para conceber a autonomia relativa dessas esferas sociais, busquei generalizar a divisão das ‘regras da produção econômica’ para outras esferas. Tal divisão se materializa nas regras que envolvem as ‘técnicas de

produção' da atividade em questão, nas que definem as 'formas de apropriação' da técnicas de produção, e nas que propiciam a 'legitimação/ justificação' da forma de apropriação.

9. Por meio de uma combinação de ambas as perspectivas – a abordagem alternativa desenvolvida no Capítulo III –, procuramos articular, no Capítulo VI, o contexto hierarquizado dos três países com as iniciativas e estratégias de seus agentes. Focalizamos explicitamente, a partir de uma perspectiva 'externalista', a situação em que se encontrava cada um dos agentes participantes em três esferas sociais, aí incluídas suas tradições de atuação, articulando essa situação com sua capacidade de transformação ou de negociação – o “capital” econômico, o político e o científico de cada ator.

Assim, na esfera econômica do Brasil, pudemos verificar que os únicos agentes macro eram o Governo brasileiro e as empresas estrangeiras. Apenas eles possuíam o capital econômico necessário para investir num novo sistema de telefonia. Porém, as empresas multinacionais já dispunham de sua tecnologia e não tinham interesse em desenvolver outra no Brasil. Algumas delas estavam sediadas no Reino Unido e na Suécia. Nestes casos, suas empresas telefônicas operadoras – BPO (Correio Britânico) e Televerket – e as fabricantes de equipamentos telefônicos – Plessey, STC, GEC e Ericsson – dispunham de capital econômico para tentar criar o novo sistema, mas precisavam associar-se para poder fazê-lo, em especial no caso britânico, devido à instabilidade de sua situação econômica.

Na esfera política, por sua vez, a posição dos atores também era diferenciada. No caso brasileiro, o Governo militar detinha o capital político mais elevado, pois controlava a presidência do país por meio de um regime ditatorial. Como esse poder atendia em parte aos interesses das empresas multinacionais, estas também dispunham de capital político. Na Suécia, as duas empresas do setor de telefonia tinham esse capital. No Reino Unido, a situação era menos clara. O Governo possuía o capital político maior, no entanto estava preso a jogos políticos para se manter no poder e utilizava o setor de telefonia para acomodar interesses políticos e econômicos diversos.

Por isso, o capital político do BPO era relativamente baixo. Também era baixo o das empresas britânicas, uma vez que dependiam do Governo e do BPO para a venda de novos equipamentos e, além disso, estavam perdendo rapidamente a fatia do mercado que ainda detinham no exterior.

Na esfera científica, finalmente, as disparidades também eram consideráveis. Enquanto a capacitação científica/ tecnológica era elevada nos casos britânico e sueco, ela era apenas incipiente no caso brasileiro. No Reino Unido, porém, o capital científico se encontrava desintegrado, devido, entre outros motivos, ao número maior de agentes, ao clima de competição e desentendimento entre eles e à geração tardia de sistemas híbridos. Na Suécia, por outro lado, esse capital era relativamente mais elevado pelo fato de ter desenvolvido a capacitação ‘eletrônica’ de forma mais integrada à ‘eletromecânica’, contando com maior integração das pesquisas de seus dois agentes principais. Quanto ao Brasil, seu capital científico era inicialmente baixo. Era patente a falta de experiência em P&D com sistemas eletromecânicos e híbridos. Porém, como a nova tecnologia de telefonia estava saltando do paradigma ‘eletromecânico’ para o ‘digital’, essa experiência provou não ser fundamental. Parte do capital brasileiro foi desenvolvido e ampliado no próprio país a partir da difusão pelos meios acadêmicos do ‘conhecimento público’ da área de telefonia digital.

Concluimos, em resumo, que a contribuição da perspectiva ‘externalista’ é essencial para a análise dos três casos, na medida em que era variável o “capital” dos agentes para negociar e controlar a condução do projeto nos aspectos econômico, político e científico. Só que agora os fatores estruturais são vistos de forma mais integrada e em função dos agentes, não como fatores isolados ou com lógica interna própria.

10. A influência das contradições estruturais é com frequência decisiva sobre a dinâmica de configuração recíproca entre as esferas sociais. As contradições podem ser examinadas, num primeiro momento, pela perspectiva ‘externalista’, focalizando-se as dimensões posicional e disposicional (ou seja, estrutural) das regras; e, depois, pela

‘internalista’, visualizando-se então a dimensão situacional (isto é, a ação dos agentes) em que tais regras são *situadas*, no espaço e no tempo, reproduzidas e/ou transformadas.

11. As contradições existentes nas regras e dinâmicas específicas das diferentes esferas sociais, bem como de alguns participantes, em cada caso histórico, foram os “catalisadores” dos vários processos. Com frequência elas provocavam choques entre os agentes e, assim, propiciavam momentos de “estranhamento” da realidade, que os atores percebiam como problemáticos; nessas situações eles se “afastavam” das regras existentes para buscar entendê-las melhor e arquitetar estratégias para modificá-las, sempre de acordo, claro está, com seu capital de negociação e ação. Nestes momentos a análise fez a passagem da perspectiva ‘externalista’ para a ‘internalista’.

Concluimos que a contribuição da perspectiva ‘internalista’ é crucial para a análise da emergência das visões, estratégias e iniciativas que os atores negociavam e improvisavam nas situações específicas que iam se configurando em cada caso. Só que agora os agentes e suas estratégias são contextualizados de forma mais consistente e articulados de modo explícito com a dinâmica específica das esferas sociais envolvidas.

12. A necessidade de combinação das duas perspectivas se evidencia quando verificamos que o foco de atenção dos agentes sobre os elementos da sociedade é seletivo. Como esse foco de reflexão se direciona, com frequência, para as ações, atividades e situações que são conflitantes, pode-se concluir que as contradições, ao provocarem choques e conflitos, ao mesmo tempo propiciam novas situações de reflexão por parte dos agentes analisados sobre sua realidade contraditória. É nesses momentos que a análise faz a passagem de uma perspectiva para outra.

Concluimos que os fatores “técnicos” e “sociais” que se encontram em processo de mútua conformação (sociotécnicos então) e estão sendo questionados ou transformados, podem e devem ser vistos sob a perspectiva ‘internalista’. Já os fatores que não estão sob questionamento (sociais e técnicos, então) podem e devem ser vistos sob a perspectiva ‘externalista’.

13. Dada a tendência disposicional desenvolvida pelos atores e sua posição hierárquica nas estruturas sociais, o exame das contradições estruturais permite à análise fazer o ‘salto’ de uma perspectiva para a outra, equilibrando de forma coerente o papel das estruturas condicionantes “dadas” (regras não questionadas, naquele momento) e o papel das percepções, estratégias e iniciativas “improvisadas” dos agentes (regras sob questionamento e/ou transformação).

Para que as quatro últimas conclusões (14 a 17) sejam melhor entendidas, farei antes uma explanação resumida dos três casos.

No caso britânico, houve fortes contradições entre a dinâmica do mercado e a dos órgãos e instituições governamentais, cabendo o impulso inicial do projeto ao grupo de cientistas e engenheiros reunidos no AGSD (grupo consultor para a definição de especificações). Eles “perceberam” a contradição que existia entre a lógica de *curto prazo*, empregada pelo Governo e pelas empresas fabricantes, e a necessidade de uma nova tecnologia que fosse desenvolvida para atender no *longo prazo* aos interesses de todos os participantes. Tal percepção emergiu em consequência da situação competitiva entre as empresas fabricantes, que levou, por exemplo, uma delas a destruir inteiramente o departamento de pesquisas de outra, quando a primeira adquiriu a segunda com o objetivo claro de evitar concorrência para a tecnologia que desenvolvia. A partir da formação dessa percepção e, também, do capital científico de que dispunham, os cientistas do AGSD buscaram aumentar seu capital político e, gradativamente, convencer BPO, Governo e empresas da validade do projeto do novo sistema. Mas, por causa da estratégia adotada para reunir as empresas (contratos para seus equipamentos ‘híbridos’) e da forma de estruturação do comitê conjunto do BPO e empresas, que não definia certas questões-chave sobre o projeto, como a da propriedade das patentes e da divisão dos módulos entre as empresas, a organização do comitê absorvia as contradições das três esferas sociais e as internas ao BPO, com sua forte dependência em relação ao Governo, criando campo fértil para o surgimento de conflitos entre os participantes.

A estratégia do BPO foi a de redividir os módulos de forma que pudessem ser desenvolvidos em separados por cada umas das três empresas. Com isso, os cientistas possibilitaram que o capital científico de cada empresa pudesse permanecer, até certo ponto, ‘sigiloso’. Eles percebiam que era impossível integrá-lo numa única organização, o comitê conjunto no caso (como a ‘Ellemtel’ na Suécia e o ‘CPqD’ no Brasil). Mesmo assim, as empresas se mostravam insatisfeitas com a condução do comitê do projeto (controlado pelo BPO), com os requisitos de rede escolhidos para o novo sistema (os do BPO, não do mercado externo) e, em particular, com a obrigação de terem de cooperar com suas rivais do mercado. A estratégia delas foi a de gerar o sistema em “marcha lenta”, de obter lucros com partes do sistema e de tentar alterar a condução do projeto por meio de ‘lobbies’ nos bastidores do Governo. O resultado disso foi o atraso na geração dos módulos do sistema e problemas na resolução técnica do processador central. Mesmo assim, os cientistas do projeto tiveram grande sucesso na exposição do novo sistema de telefonia no Congresso de Genebra, em 1979. No ano seguinte, porém, o novo Governo Conservador, com sua orientação política privatizante, se aproveitou da situação conturbada do setor de telefonia para intervir no BPO, separando seu departamento de telecomunicações e criando a estatal BT, e no próprio comitê do projeto. O grupo interventor, que contava com a participação de aliados do projeto, entregou sua finalização a duas das empresas, que se juntaram, em 1986, para formar a GPT. Em suma, o sistema digital britânico, o ‘System X’, resultou desse longo e conturbado processo.

No caso sueco, a iniciativa do novo projeto foi tomada pelas duas empresas em estreita sintonia com a dinâmica do mercado mundial de telefonia. A contradição era interna à esfera econômica e apontava tão somente para a falta de um produto novo que fosse mais avançado e barato do que os que a Ericsson e a Televerket utilizavam e comercializavam. As situações que propiciaram essa avaliação foram as perdas de concorrências importantes nos mercados mundiais para empresas rivais, como a da Austrália em 1969, perdida pela Ericsson para a ITT. Concluimos, então, que a situação particular dos atores na Suécia fazia com que as regras da esfera econômica do setor de telefonia se sobrepusessem, ao menos parcialmente, sobre as da esfera científica. A lógica econômica exercia forte controle sobre os caminhos das pesquisas, orientando-as

de forma preponderante por critérios comerciais, como se comprova pelo fato de os diretores e gerentes da Ericsson e Televerket conhecerem bem as dificuldades no domínio das técnicas de multiprocessamento e, assim, decidirem – contra o desejo dos cientistas suecos – não seguir no caminho de pesquisas em torno dessas técnicas e desenvolver um processador central ‘convencional’. Pela mesma razão, o esboço inicial do projeto foi definido por “vendedores” da Ericsson, não por seus cientistas e engenheiros de projeto, como se esperaria normalmente. A par disso, havia a forte integração do capital científico devido à cooperação histórica entre as duas empresas suecas, já que não competiam no mesmo mercado e às pesquisas e projeto relativamente bem sucedidos de sistemas híbridos (‘crossbar’ com ‘SPC’).

No caso brasileiro, em contraste com os outros, o projeto nasceu por iniciativa do Governo militar no contexto de uma política industrial orientada para a criação de capacitação tecnológica nacional, já que não havia empresas brasileiras no setor de telefonia. A contradição que precipitou tal iniciativa era a que existia entre abertura do mercado nacional às empresa estrangeiras, propiciada pelos governos militares, e a situação de dependência crescente em relação a elas. O militares “percebiam” que o grande desenvolvimento econômico propiciado pelas multinacionais não podia ser compartilhado por grupos econômicos brasileiros, já que eles dependiam das tecnologias produzidas pelas empresas estrangeiras. Parte do Governo militar não se conformava com a situação e deu ensejo a que agentes do Ministério das Comunicações trabalhassem para aglutinar o parco capital científico brasileiro, que se encontrava espalhado por algumas universidade e centros de pesquisas. Assim puderam fazê-lo porque o Governo militar detinha tanto o capital político como o econômico, necessários para legislar e apoiar o processo de criação do capital científico no campo das telecomunicações. A partir dessa iniciativa, os cientistas brasileiros iniciaram a criação e ampliação do capacitação científica no setor, culminando na fundação do CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás), em 1976.

No entanto, o processo de democratização do Brasil coincidiu com o período de crise econômica, enfraquecendo a posição política dos militares e minando a capacidade do Estado de apoiar projetos de capacitação tecnológica. Isso gerou falta de

continuidade dos recursos financeiros destinados ao CPqD. Ao lado disso, a inexperiência do jovem CPqD e a falta de recursos científicos, bem como a pressão das multinacionais e sua posterior “nacionalização”, também propiciaram o fracasso da primeira tentativa (Siscom II). O CPqD adotou, a partir de 1980, uma estratégia gradualista (Trópico C, R e RA), em sintonia com a realidade de recursos financeiros exíguos, criando soluções originais (processamento totalmente distribuído com dezenas de microprocessadores comuns) e baratas (projeto de sistema não dependente de componentes nacionais ou especiais), e aproveitando com grande senso de oportunismo a política de interiorização do Governo Figueiredo para contornar as pressões das multinacionais contra o projeto das empresas estrangeiras do setor. Com o sucesso das duas primeiras etapas (Trópico C e R), o CPqD iniciou, em 1986, o projeto do Trópico RA associado a quatro empresas brasileiras. Os primeiros equipamentos elaborados com base na nova tecnologia começaram a entrar em operação no Brasil a partir de 1991.

Passo, agora, às conclusões:

14. O papel das três esferas sociais em cada caso era distinto e foi-se transformando ao longo do tempo. A esfera econômica foi a preponderante no caso sueco, e a política no caso brasileiro. No caso britânico, as duas foram importantes, porém suas contradições eram tamanhas que coube à esfera científica tomar a frente e a iniciativa do projeto.

15. A influência das dinâmicas macro das esferas econômica e política foi decisiva nos três casos, mas elas guardavam relativa autonomia entre si e em relação ao processo de geração das tecnologias. Do mesmo modo, a influência da dinâmica da esfera científica/ tecnológica foi fundamental, mas esta igualmente detinha relativa autonomia em relação aos processos político e econômico.

16. A análise do contexto estrutural “pré-existente” pode ser combinada com a das estratégias e iniciativas “criadas” pelos agentes, de acordo com as situações de maior ou menor afastamento dos atores em relação às suas estruturas. O papel das contradições, nesse processo de configuração mútua, em que elas propiciam situações de

reflexão seletiva por parte dos agentes sobre certos elementos da realidade, deixa clara a necessidade de utilização de ambas as perspectivas de modo combinado e recorrente.

17. A análise alternativa proposta explicita claramente o que os agentes ganharam ou perderam com os projetos e seus resultados – na medida em que a condição hierárquica desses agentes é analisada de forma sistemática e recorrente a cada momento histórico:

- a) No Reino Unido, a empresa GPT (GEC and Plessey Telecom) ganhou o mercado britânico. A empresa STC perdeu a oportunidade de obter lucro com a produção do novo sistema. O BPO perdeu a BT. Trabalhadores perderam empregos;
- b) Na Suécia, as empresas Televerket e Ericsson ganharam o mercado interno e parte do externo, respectivamente, e os consumidores suecos ganharam com serviços variados e de alta qualidade;
- c) No Brasil, os consumidores ganharam a possibilidade de terem serviços de melhor qualidade. A Telebrás ganhou com a forte queda dos preços das centrais, e com independência em relação a tecnologias importadas. As empresas estrangeiras perderam a “reserva” de mercado no país.

2 - Comentários finais

Em função de um possível desenvolvimento futuro das idéias apresentadas na tese e de suas aplicações em outros casos de geração tecnológica, é necessário fazer algumas últimas observações.

A análise alternativa focalizou principalmente o nível ‘macro’ das três esferas sociais relevantes. Os níveis ‘meso’ e ‘micro’¹ do trabalho de inovação – realizado, por exemplo, dentro das empresas – não foram examinados mais profundamente. A preocupação inicial com os atores e estruturas macro de cada esfera ou organização deveu-se ao fato deles serem os mais decisivos nos três processos de geração tecnológica – eles definem os “jogos” dos agentes que estão ‘abaixo’. Mas o exame dos

¹ Os níveis ‘macro’, ‘meso’ e ‘micro’ não são níveis pré-estabelecidos e absolutos, mas sim, níveis relativos entre si e formam, na realidade, um contínuo entre um extremo ao outro.

casos não se esgota no nível macro, na medida em que, com frequência, iniciativas e criações se originam dos níveis ‘micro’ e ‘meso’. Portanto, o exame nesses níveis não é, de forma alguma, irrelevante como alguns supõem.

O material empírico disponível, porém, não me permitiu ir mais fundo nesse exame, que com certeza revelaria outras facetas dos casos analisados. Não se trata, no caso, de limitação da abordagem proposta, pois ela deixa espaço de forma explícita para o exame desses níveis hierárquicos, tanto nas esferas como nas organizações.

Seria interessante, por exemplo, examinar como os cientistas suecos da Ellemtel trabalhavam dentro da lógica extremamente comercial da empresa. Ou ainda, como os cientistas britânicos das quatro organizações construíram uma rede de alianças entre eles, de modo a superar as dificuldades de cooperação geradas pela competição entre as empresas, e pelas disputas entre elas e o BPO. Tal como alguns deles afirmam, o clima entre os cientistas e engenheiros do projeto era, em geral, de cooperação. As disputas se concentravam nos níveis gerenciais ou de direção das empresas e do BPO.

A divisão das esferas sociais não é estática ou dada *a priori* nas análises, pois na realidade as esferas são o resultado de atividades e processos sociais, bem como de suas aglutinações historicamente específicas. Se pudemos identificar algumas delas nos três casos, foi porque elas têm características bem marcantes na sociedade atual e influenciam decisivamente o processo de geração tecnológica. Nesse sentido, no caso brasileiro, fica faltando um exame mais detalhado da ‘esfera militar’ e do processo que permitiu a seus agentes macro se ‘apossarem’ das posições-chave da esfera política, bem como saírem gradualmente do poder com a democratização do país. A ideologia ‘nacionalista’ nasceu e se desenvolveu dentro dos quartéis. Seu exame é relevante. Desse modo, a abordagem proposta deixa em aberto explicitamente a possibilidade de reavaliação de muitas das conclusões alcançadas aqui sobre os três casos históricos;

Entre possíveis desenvolvimentos futuros nesta linha de pesquisa, vislumbro a análise do entrelaçamento das esferas sociais dentro das organizações. De forma geral, verificamos que os agentes macro dentro das empresas seguem as regras da esfera

econômica. Seria importante aprofundar o exame de como os agentes macro da esfera científica se situam e re-situam na hierarquia das empresas. Na mesma direção, outro veio a ser explorado é o da dinâmica interna das organizações. No trabalho, as esferas de atividades organizacionais (tais como as esferas sociais) apenas foram esboçadas. Estudos sobre organizações seriam certamente úteis neste campo. Também seria relevante examinar em maior profundidade as esferas científicas e tecnológicas – vistas em conjunto na tese – e suas especificidades, já que suas dinâmicas não serão por certo exatamente as mesmas. Nesse sentido, seria preciso conhecer as relações hierárquicas específicas das esferas científicas e tecnológicas e suas possíveis conexões com as econômicas e políticas.

Em qualquer caso, é fundamental ter plena consciência de que as situações conflitantes provocadas por contradições estruturais presentes nas várias atividades sociais são parte integrante e instituinte do próprio processo de análise da realidade e de sua transformação, e de que os diferentes tipos de enfoques existentes dentro do campo maior da Moldagem Social da Tecnologia espelham, de forma explícita ou não, a posição dos analistas frente aos inúmeros conflitos de nossa época. Neste sentido, uma de minhas preocupações centrais ao propor a abordagem alternativa é a de que o processo de geração tecnológica deve ser democratizado para que possibilite levar em consideração os interesses de um número mais amplo de pessoas que poderão, ou não, se beneficiar das novas tecnologias.

Com a proposta de análise da realidade “**social**” e “**técnica**” discutida e esboçada em linhas gerais nesta tese, espero – retomando o pensamento expresso no final da Introdução – ter contribuído para ampliar os instrumentos de reflexão sobre o atual progresso tecnológico e, quem sabe, poder contribuir para uma transformação democrática do caráter e dos rumos da realidade “**sociotécnica**”.

Bibliografia

ADLER, Emanuel (1987) - "The Power of Ideology - The quest for technological autonomy in Argentina and Brazil", Edited by University of California Press.

ANTONELLI, Christiano (1991) - "The Diffusion of Advanced Telecommunications in Developing Countries", Paris - France, Edited by OCDE.

BERGER, Peter & LUCKMANN, Thomas (1967) - "The Social Construction of Reality - A Treatise in the Sociology of Scientific Knowledge", London, Edited by Penguin Press.

BIJKER, Wiebe & HUGHES, Thomas & PINCH, Trevor (eds) (1987) - "The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology", Cambridge MA/ London, Mit Press.

BIJKER, Wiebe & LAW, John (1992) - "Shaping Technologies / Building Society: studies in socio-technical change", Cambridge. London, Edited by MIT press.

BLOOR, David (1976) - "Knowledge and Social Imagery", London & Boston MA, Edited by Routledge & Kegan Paul.

BLOOR, David (1984) - "The Strengths of the Strong Programme". Scientific Rationality: the Sociological Turn. J.R. Brown (ed), Edited by Reidel Publishing Company.

BOLTON, Brian et al (1991) - "Tele-Communications Services – Negotiating Structural and Technological Change", Geneve, Edited by the International Labour Office.

BORGES, Aderbal A. et al. (1984) - “Trópico C - o concentrador digital do sistema Trópico”, Manual do Trópico C, Editado pelo CPqD/ Telebrás.

BORGES, Aderbal A. et al. (1985) - “Trópico R - central local/ tandem digital do sistema Trópico”, Manual do Trópico R, Editado pelo CPqD/ Telebrás.

BOURDIEU, Pierre & WACQUANT, Loïc (1992) - “An Invitation to Reflexive Sociology”, Cambridge / Oxford, Edited by Polity Press in association with Blackwell Publishers.

BRAVERMAN, H. (1974) - “Labour and Monopoly Capital: the Degradation of Work in the Twentieth Century”, London, Monthly Review Press.

BRITTO, Jorge (1996) - “Setor de Equipamentos para Telecomunicações: Reestruturação Industrial e Impactos sobre o Emprego e a Formação Profissional”, SENAI.DN. CIET, Rio de Janeiro - Brasil.

BUARQUE, Cristovam (1995) - “A Cortina de Ouro - Os sustos do final do século e um sonho para o próximo”. Brasil, Ed. Paz e Terra.

CALLON, Michel (1986) - “The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle”, Mapping the Dynamic of Science and Technology - Sociology of Science in the Real World, Callon, Law & Rip (eds), 1986, Edited by The Macmillan Press Ltd.

CALLON, Michel (1987) - “Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis”, The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology, Bijker, Hughes & Pinch (eds), 1987, Cambridge MA/ London. Mit Press

CALLON, Michel (1992) - “The Dynamics of Techno-Economic Networks”, Technological Change and Company Strategies: Economic and Sociological Perspectives, Coombs, Saviotti & Walsh (eds), Edited by Harcourt Brace Jovanovich.

CALLON, Michel & LAW, John (1992) - “The Life and Death of an Aircraft: A Network Analysis of Technical Change”, Shaping Technologies / Building Society: studies in socio-technical change, Bijker & Law (eds), 1992, Cambridge, London, Edited by MIT press.

CAPELLARO, J. J. V. (1990) - “História da Indústria de Equipamentos de Telecomunicações no Brasil - dos primórdios até a segunda metade da década de 70”, História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p11-45.

CARR, E. H. (1961) - “What is History?”, University of Cambridge, Edited by Penguin Books.

CASTORIADIS, Cornelius (1975) - “The Imaginary Institution of Society”, Great Britain, 1987, Edited by Polity Press.

CASTORIADIS, Cornelius (1992) - “A Criação Histórica”, Porto Alegre - Brasil. Editora Artes e Ofícios Ltda.

CASTORIADIS, Cornelius (1994) - “Psychoanalysis and Politics”, Speculations after Freud - Psychoanalysis, philosophy and culture, Shamdasani & Münchow (eds). London, Edited by Routledge.

CERQUEIRA LEITE, R. C. (1993) - “Vereda Tropical”, “Privatização das Telecomunicações”, Gaspar Vianna (ed). Rio de Janeiro - Brasil. Editora Notrya.

CERQUEIRA, Sofia (1996) - “Telefonia dos Anos 30 às Vésperas do Século XXI”, O Globo, Caderno Rio, 17 de março de 1996, p32.

COLLINS, H. M. & YEARLEY, Steven (1992) - “Epistemological Chicken”, Science as Practice and Culture, Andrew Pickering (ed), Chicago and London, University of Chicago Press, Chap 10, p301-326.

CONANT, J. B. (19???) “The Overthrow of the Phlogiston Theory - the Chemical Revolution of 1775-1789”, Great Britain, Edited by .

COOMBS, Rod & SAVIOTTI, Paolo & WALSH, Vivien (1987) - “Economics and Technological Change”, USA, Edited by Rowman & Littlefield.

COUTINHO, Luciano & CASSIOLATO, José E. & DA SILVA, Ana L. G. (1995) - “Telecomunicações, Globalização e Competitividade”, Brasil, Editora Papirus.

COWAN, R.S. (1985) - “The Industrial Revolution in the Home”, The Social Shaping of Technology, Edited by MacKenzie & Wajcman, Open University Press.

DIAZ, Victor A. Valenzuela et al. (1988) - “Trópico RA”, manual do Trópico RA, Editado pelo CPqD/ Telebrás.

DOSI, Giovanni (1982) - “Technological Paradigms and Technological Trajectories: a Suggested Interpretation of the Determinants of Technological Change”, Research Policy, Vol. 11, p147-162.

EDGE, David (1995) - “The Social Shaping of Technology”, Information Technology and Society, Heap, Thomas, Einon, Mason & Mackay (eds). London, Edited by Sage, p14-32, the same paper was first published in Edinburgh PICT working paper No.1, Edinburgh University Press. 1988.

ELZEN, B & MACKENZIE, Donald (1991) - "The Charismatic Engineer: Seymour Cray and the Development of Supercomputing", Yearbook for Corporate History and History of Technology, Amsterdam, edited in The Netherland.

FLECK, J. & WEBSTER, J. & Williams, R. (1990) - "The Dynamics of IT implementation: a Reassessment of Paradigms and Trajectories of Development", Futures, Vol. 22, p618-640.

FLEURY, A. & FLEURY, M. T. L. (1995) - "Aprendizagem e Inovação Organizacional - as experiências do Japão, Coréia e Brasil", São Paulo - Brasil, Editora Atlas SA.

FREEMAN, C. & CLARKE, J. & SOETE, L. (1982) - "Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves in Economic Development", London, Edited by Pinter.

FURTADO, Rômulo Villar - "As Políticas de Tecnologia, Indústria, Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério das Comunicações", História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p159-174.

GIDDENS, Anthony (1979) - "Central Problems in Social Theory - Action, Structure and Contradiction in Social Analysis", London, Edited by The Macmillan Press Ltd.

GIDDENS, Anthony (1984) - "The Constitution of Society", Cambridge - Great Britain, Edited by Polity Press.

GORZ, Andres (197?) - ???

GRACIOSA, H. M. M. (1990) - "Pesquisa e Desenvolvimento na Telebrás - O CPqD", História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p137-150.

HARRIS, L. Roy F. & MARTIN, John (1981) - "Switching and Signalling - The Evolution of Switching Systems Architecture", POEEJ (Post Office Electrical Engineers' Journal), Vol. 74, October.

HARRIS, L. Roy F. (1978) - "Introducing System X", PO Communications Journal, winter 1977-78, p15-18.

HESS, David J. (1995) - "Science & Technology in a Multicultural World - The cultural politics of facts and artifacts", New York, Columbia University Press.

HILLS, Jill (1984) - "Information Technology and Industrial Policy", Great Britain, Edited by Croom Helm Ltd.

HORTA, Ana M. (1997) - "Vai começar a batalha pela banda B", O Globo, Caderno Economia, 1^o de junho de 1997, p41.

HUGHES, Thomas (1983) - "Networks of Power", Baltimore, MD& London, Johns Hopkins University Press.

HUGHES, Thomas (1988) - "The Seamless Web: Technology, Science, et cetera, et cetera", Technology and Social Process, Edited by B. Elliott, Edinburgh University Press.

KRÜCKEN, Georg (1995) - "Science Studies and Constructivism", VEST - Tidskrift för Vetenskapsstudier - Nr 2 (Vol.8), 1995, Edited in Göteborg, Sweden.

KUHN, Thomas S. (1962) - "A Estrutura das Revoluções Científicas", São Paulo - Brasil, Coleção Debates, Editora Perspectiva.

FERRAZ, J.C. & KUPFER, D & HAGUENAUER, L. (1995) - "Made in Brazil: Desafios Competitivos para a Indústria Brasileira", Rio de Janeiro - Brasil, Editora Campus.

LAW, John (1988) - "The Anatomy of a Socio-Technical Struggle: the Design of the TSR2", Technology and Social Process, Edited by B. Elliott, Edinburgh University Press.

LATOUR, Bruno (1987) - "Science in Action - How to follow scientists and engineers through society", Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

LINS DE BARROS, H. B. (1990) - "História da Indústria de Telecomunicações no Brasil", organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM.

MACHADO, Luiz O. (1973) - "Telephone Exchanges with Functionally Modular Stored Program Control - System AXE", Edited by LM Ericsson, November 1973.

MACHADO, Luiz O. (1990) - "Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações", História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros. Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM. p177-183.

MACKENZIE, Donald & WAJCMAN, Judy (1985) - "The Social Shaping of Technology", Edited by the same, Open University Press.

MACKENZIE, Donald (1988) - "'Micro' versus 'Macro' Sociologies of Science and Technology", Edinburgh PICT working paper no. 2, Edinburgh University Press.

MARQUES, Ivan da Costa (1997) - "A Política Industrial Brasileira", Jornal da Ciência, Ano XI, Nº 359, 31 de janeiro de 1997, p8.

MARX, Karl (1857) - “Para a Crítica da Economia Política”, Manuscrtos econômico-filosóficos e outros textos Escolhidos, *Coleção ‘Os Pensadores’*, São Paulo - Brasil, Editora Abril Cultural, 1974.

MEDEIROS, A. L. - (1990) - “A ITT e a Indústria Brasileira”, História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p184-188.

MEURLING, John (1985) - “A Switch in Time - An Engineering Tale”, Chicago - USA, Edited by Telephony.

MOLINA, Alfonso (1990) - “The Development of Public Switching Systems in the UK and Sewden: the Weight of History ”, Edinburgh PICT working paper No. 41, Edinburgh University Press.

MOREIRA, Mauro (1953) - “Panorama da Indústria Brasileira em Telecomunicações”, História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, 1990, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p189-194.

MOUZELIS, Nicos (1990) - “Post-Marxist Alternatives - the Constitution of Social Orders”, London, Edited by The Macmillan Press Ltd.

MOUZELIS, Nicos (1991) - “Back to Sociological Theory - The Constitution of Social Orders”, London, Edited by The Macmillan Press Ltd.

MOUZELIS, Nicos (1995) - “Social Theory, What Went Wrong? - Diagnosis and Remedies”, London, Edited by Routledge.

NOBLE, David (1979) - “Social Choice in Machine Design: The Case of Automatically Controlled Machine Tools”, *in Zimbalist, Case Studies on the Labour Process*, Monthly Review Press, p18-50.

POWELL, Walter W. (1987) - "Review Essay: Explaining Technological Change", American Journal of Sociology, Vol. 93, No.1, p185-197.

PRZEWORSKI, Adam (1985) - "Capitalism and Social Democracy", Edited by Cambridge University Press.

REED, Michael & HUGHES, Michael (1992) - "Rethinking Organization - New directions in Organization Theory and Analysis", London, Sage Publications.

RUSSELL, Stewart (1986) - "The Social Construction of Artefacts: A Response to Pinch and Bijker", Social Studies of Science, Vol 16, 331-346.

SCHAFF, Adam (1985) - "A Sociedade Informática", Brasil, 1990, Editora Brasiliense.

SEGRE, Lidia M. (1992) - "Técnica para Substituir o Homem ou para Potencializar as sua Capacidades?", Nuevamerica, N^o 56, p47-50, 1992, Buenos Aires – Argentina, Ediciones Morata.

SEGRE, Lidia M. (1995) - "Cambios Tecnológicos y Organizativos y sus Impactos sobre la Cualificação Profesional", , Buenos Aires – Argentina. Ediciones Morata.

SEWARD, Jeffrey G. (1994) - "The Politics of Protectionism: Brazilian Informatics Policy, Regime Change and State Autonomy, 1971-1992", Ph.D., University of Stanford, USA, Edited by UMI Dissertation Services.

SHEN, Xiaobai (1994) - "Development of Chinese Telephone Switching Technology in the Context of China's Changing Socio-Economic System: the Case of System HJD-04", Edinburgh PICT student paper No.6, Edinburgh University Press.

SILVEIRA E SILVA, Weiner (1990) - "Autonomia Tecnológica em Telecomunicações no Brasil", História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry

British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p127-136.

SMITH, C. & PARK, I. (1976) - "Pathfinder: An Experimental Telephone Exchange Using Stored-Program Control", POEEJ (Post Office Electrical Engineers' Journal), Vol. 1, p68-75.

WAJNBERG, S. (1990) - "A Indústria de Equipamentos de Telecomunicações no Brasil - da segunda metade da década de 70 até hoje", História da Indústria de Telecomunicações no Brasil, organizado por Henry British Lins de Barros, Editado pela Associação Brasileira de Telecomunicações - TELECOM, p47-82.

WILLIAMS, Robin & RUSSELL, Stewart (1988) - "Opening the Black Box and Closing It Behind You: on Microsociology in the Social Analysis of Technology", Edinburgh PICT working paper No.3, Edinburgh University Press.

WILLIAMS, Robin (1988) - "The Development of Models of Technology and Work Organisation with Information and Communications Technologies", Edinburgh PICT working paper No.7, Edinburgh University Press.

WILLIAMS, Robin & EDGE, David (1992) - "The Social Shaping of Technology: A Review of UK Research Concepts, Findings, Programmes and Centres", Edinburgh PICT working paper No.41, Edinburgh University Press.

WILLIAMS, Robin (1988) - "Information Technology in Organisations", Edinburgh PICT working paper No.54, Edinburgh University Press.

WEBER, Max (1972) - "Economia e Sociedade", Brasília - Brasil, 1991, Editora UnB.

WEBSTER, Andrew (1991) - "Science, Technology and Society", Great Britain, Edited by Macmillan.

WEINGART, Peter & HASSEN, Raimund & KRÜCKEN, Georg (1995) - “Social Expectations and Internal Dynamics of Science - Neo-Institutional Approach”, the EASST/ERASMUS workshop ‘Social Theory and Social Studies of Science’, University of Bielefeld, Germany, May 9 - 12, 1995.

WHYTE, John (1969) - “Telecommunications in the Next Thirty Years”, POEEJ (Post Office Electrical Engineers’ Journal), Vol. 62, Part 3, October 1969.

WILSON, D. (1980) - “Britain’s Success at TELECOM 79”, POEEJ (Post Office Electrical Engineers’ Journal), Vol. 72, January 1980.

WINNER, Longsdon (1985) - “Do Artifacts Have Politics?”, The Social Shaping of Technology, Edited by MacKenzie & Wajcman, Open University Press.

YOUNG, Peter (1983) - “Power of Speech - a history of Standard Telephones and Cables – 1883-1993”, London - Great Britain, Edited by George Allen & Unwin Ltd.

Outras Publicações

DITTBERNER ASSOCIATES, INC. - “Project ESS - Digital Switching Systems”, Edited by ‘Dittberner Associates, Inc.’, 1987 e 1995.

TELEBRÁS - “Trópico RA - O Brasil na Vanguarda da Comutação Digital”, brochura publicitária da Telebrás/ CPqD sobre o sistema ‘Trópico RA’, Editado pelo Ministério das Comunicações, 1990.

TELEBRÁS - “Trópico RA - A multi-application switching platform using an open and module architecture”, Leaflet of Telebrás/ CPqD for the ‘Americas TELECOM 96’ Exhibition and Forum, organised by ITU, Rio de Janeiro, June 10-15, 1996.

THE ECONOMIST - A Survey of Telecommunications, 1990-1995.

THE ECONOMIST - "Being Digital is not Enough", No.7985, september, 1996, p100.

ITU - "Relatório da ITU – 1995", Editado e distribuído na 'Internet' pela ITU (International Telecommunication Union).

RNT (Revista Nacional de Telecomunicações) - N^{os} 201 e 202, Maio e Junho de 1996.

RTB (Revista Telebrás) Edição Tecnologia, "CPqD - Telebrás: 18 Anos de Tecnologia", setembro de 1994.