


SOBRE O CARÁTER ANTI-ENTRÓPICO DA INFORMAÇÃO


TELECOMUNICAÇÕES, INFORMÁTICA
E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS TRANSPORTES

Roberto Cintra Martins

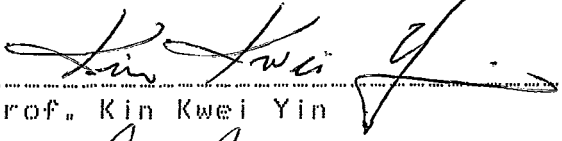
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS (D. Sc.) EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

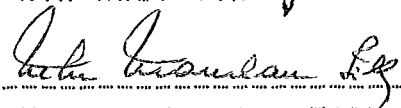
Aprovada por:


.....
Prof. Ysmar Vianna e Silva Filho
(Presidente)


.....
Prof. Angela Maria da Rocha Schmidt


.....
Prof. Fernando Yassuo Chyoshi


.....
Prof. Kin Kwei Yin


.....
Prof. Nelson Maculan Filho

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JANEIRO DE 1987

MARTINS, ROBERTO CINTRA

Sobre o Caráter Anti-Entrópico da Informação:
Telecomunicações, Informática e Eficiência
Energética nos Transportes (Rio de Janeiro) 1987.

XI, 351 p., 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D. Sc.,
Engenharia de Sistemas e Computação, 1987)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

I. Telemática e Transportes, Eficiência Energética
I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Obs.: As folhas de numeradas 250, 263 e 264 não existem.

CURRICULUM VITAE

Roberto Cintra Martins, paulistano, nascido em 15/07/1950, casado, dois filhos, engenheiro eletrônico formado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica em 1973, professor da COPPE e do Instituto de Matemática da UFRJ, tem realizado trabalhos de consultoria e assessoria técnica em Pesquisa Operacional, Estatística e Análise de Sistemas e exercido atividades de ensino nessas mesmas áreas. Atualmente dedica-se ao ensino e pesquisa em Política Científica e Tecnológica na COPPE, tendo como principais temas de interesse Inteligência Artificial e História e Filosofia da Ciência e da Técnica.

À memória de meu pai

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao Prof. Ysmar Vianna e Silva F^o, meu orientador, pelo estímulo oferecido desde meu engajamento em projeto de pesquisa sob sua coordenação, quando travamos conhecimento. Agradeço pela identificação da oportunidade do tema da tese e, sobretudo, por sua abertura para minhas idéias e proposições e pelo desafio permanente que para mim significou ter convivido com sua capacidade de iniciativa.

A meu amigo Roberto dos Santos Bartholo Jr., que com seu jeito de ser sempre me encorajou a questionar e a transpor limites, o que foi decisivo para que este estudo não se desenvolvesse com base apenas em critérios de viabilidade econômica e eficiência técnica, mas ousasse também a busca de significados e implicações a nível ético e estético.

A meu amigo Fernando Yassuo Chyoshi, pela contribuição fundamental que sempre deu a minha determinação de trabalhar e viver com dignidade.

Aos amigos do NCE e colegas de trabalho no projeto de pesquisa EMBRATEL/UFRJ, por suas diferentes contribuições e esclarecimentos: Ângela Schmidt, Milton Bezerra, Ricardo Harouche, Sérgio Bordeaux, Sérgio Pralon, Sônia Helt, sem cuja participação esta tese teria seriamente comprometido seu caráter de verificação experimental e empírica.

A Lilian e Lourdes, por sua inestimável contribuição na edição da tese, o que foi decisivo para que me dispusesse a optar pela edição em microcomputador, mesmo em face de obstáculos advindos da compatibilidade imperfeita dos editores disponíveis às normas acadêmicas de apresentação da tese.

A meus pais e meus irmãos, raízes, origens, reencontros.

A Aída, Fernando e Guilherme, que não cabem nestes agradecimentos, por ter eu encontrado um lugar neste mundo, por nossa maneira simples de sermos felizes e, finalmente, por ter eu conseguido realizar a tese sem me ausentar desse mesmo lugar e sem abrir mão de seus valores e encantos.

A Gioconda, que tanto aliviou meus encargos de pai durante o tempo de elaboração da tese, por sua disponibilidade e generosidade desmedidas.

A meus amigos Paulo Simpson e Murillo Cruz, com quem vivi experiências marcantes, pelas suas atitudes nos períodos de incerteza e solidão.

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

SOBRE O CARÁTER ANTI-ENTRÓPICO DA INFORMAÇÃO:
TELECOMUNICAÇÕES, INFORMÁTICA
E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS TRANSPORTES

Roberto Cintra Martins

Janeiro de 1987

Orientador: Prof. Ysmar Vianna e Silva Filho

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

A tese tem como objetivo investigar o processo de absorção de informática e telecomunicações nos transportes, tendo em vista as possibilidades de racionalização do uso de energia.

Inicialmente, considera-se o conceito de informação como entidade da Física Moderna, e é discutido seu caráter anti-entrópico; em seguida, são investigadas, a nível socio-biológico e histórico-cultural, as relações entre uso de energia, transportes e uso de comunicação, abordando-se os riscos e as oportunidades que se abrem em nosso tempo.

Delimitando-se o campo de pesquisa factual-empírica ao sistema brasileiro de transporte rodoviário de cargas, é proposta e aplicada metodologia de segmentação do setor sob os enfoques do uso da telemática e da eficiência energética, com indicações de um possível "tradeoff" entre essas duas demandas.

Repercussões sobre o nível de emprego e a composição da força de trabalho, bem como propostas para estudos mais avançados são também colocadas como contribuições complementares.

Finalmente, a importância da telemática como elemento racionalizador do uso da energia nos transportes é relativizada, enquanto ilustração de uma capacidade, tida como intrínseca ao progresso tecnológico, de geração de soluções reguladoras de desvios originados em estágios precedentes de desenvolvimento. A chamada Revolução da Informática é assim considerada em seus limites e possibilidades, tendo-se em vista as condições éticas e políticas de uma superação da era industrial e as relações entre desenvolvimento tecnológico e poder.

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

ABOUT THE ANTI-ENTROPIC NATURE OF INFORMATION:
TELECOMMUNICATIONS, INFORMATICS
AND ENERGETIC EFFICIENCY IN TRANSPORTATION

Roberto Cintra Martins

January 1987

Chairman: Prof. Ysmar Vianna e Silva Filho

Department: Systems Engineering and Computer Science

The purpose of the thesis is to investigate the process of absorption of informatics and telecommunications in transportation activities, in view of the possibilities of improvement in energetic efficiency.

As an introduction, information is considered as a dimension in Modern Physics, and its anti-entropic nature is critically discussed. The relations among the use of energy, the transportation of matter and people, and the use of communications are then investigated at the sociobiological and sociocultural levels, with emphasis on the risks and opportunities that emerge at present time.

The research field is restricted, at the empirical level, to Brazilian freight transport, and a suitable methodology is proposed and applied, which allows the segmentation of this branch of the economy, both as an energy and a telematics user. As a result, some evidence of a trade-off between these two demands is obtained.

Some of the major implications to employment level, as well as proposals for further studies are also presented.

As a conclusion, the role of telematics as a rationalizing factor in energy use is critically considered, as an instance of the ability, often viewed as an intrinsic attribute of technological progress, to generate regulatory solutions to control undesirable effects, originated in previous stages of development. The so-called Information Revolution is considered with regard to its possibilities and limitations, to the ethical and political conditions of surpassing the industrial era and to the relations between technological development and technological power.

GLOSSÁRIO

As limitações do editor de textos utilizado levou à adoção de representações para determinados símbolos matemáticos, as quais são especificadas na tabela a seguir.

Simbologia Empregada na Tese	Simbologia Usual	Significado
ALFA	α	Parâmetro em Modelo de Regressão (Cap. VII) Nível de Significância (Cap. VII e VIII)
DERRONDI	∂	Derivada Parcial
exp	e	Função Exponencial
INFIN	∞	Infinito
INTEGR	\int	Integral
LAMBDA	λ	Coefficiente de Discriminação de Wilks em Análise de Discriminantes (Cap. VI e VII) Parâmetro em Modelo de Regressão (Cap. VII) Parâmetro de Processo de Poisson (Cap. VIII)
PROD	Π	Produtório
QUI	χ	Vetor de Variáveis (1 x k) (Cap. VII)
SOMAT	Σ	Somatória
SIGMA	σ	Desvio Padrão
>=	\geq	"é maior ou igual a"
<=	\leq	"é menor ou igual a"
<>	\neq	"é diferente de"

INDICE

I. INTRODUÇÃO	1
I.1. Sobre Objetivos e Metodologia	1
I.2. A Gênese do Trabalho e a Escolha do Tema	5
I.3. Procedimentos, Materiais e Recursos Utilizados	11
I.4. Sobre o Conteúdo da Tese	12
II. ENERGIA E INFORMAÇÃO NA CIÊNCIA NATURAL MODERNA	15
Notas	31
III. TRABALHO HUMANO, TECNOLOGIA E USO DA ENERGIA	37
III.1. O Trabalho na Comunidade Primitiva e seu Significado Mítico	37
III.2. Energia Animal, Máquinas Simples e Trabalho Humano no Ordenamento Social da Antiguidade	40
III.3. Forças Motrizes Pré-Industriais e Concepção do Trabalho no Mundo Medieval	43
III.4. A Máquina a Vapor: Trabalho Mecânico e a Nova Ética do Trabalho	47
III.5. Recursos Energéticos Ilimitados?	54
Notas	63

IV.	UMA INTERPRETAÇÃO SÓCIO-BIOLÓGICA E HISTÓRICO-CULTURAL DA EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES E DAS COMUNICAÇÕES	68
IV.1.	Introdução	68
IV.2.	Origens	70
IV.3.	Uma Proposta de Interpretação do Papel dos Transportes e das Comunicações na História Humana	80
	Notas	115
V.	BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL	120
V.1.	Breve Histórico: O Setor de Transportes e o Uso de Energia	120
V.2.	Distribuição Intermodal: Os Diferentes Modos de Realização de Trabalho nos Modernos Sistemas de Transporte	129
V.3.	A Eficiência Energética dos Diferentes Modos de Transporte	132
V.4.	A Integração dos Transportes, a Eficiência Energética e o Papel das Comunicações	134
	Notas	136
	Figuras	137
VI.	O SETOR DE TRANSPORTES ENQUANTO USUÁRIO DE INFORMÁTICA E TELECOMUNICAÇÕES	158
VI.1.	Um Esforço Interdisciplinar de Entendimento do Setor	158
VI.2.	Segmentação do Setor sob a ótica do Uso de Telecomunicações	170
VI.3.	Um Estudo Detalhado por Amostragem	197
VI.4.	Conclusões	217
	Notas	220

VII. PROPOSTA DE MODELAGEM DO "TRADE-OFF" ENTRE TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES	222
VII.1. Introdução	222
VII.2. Proposta e Desenvolvimento do Modelo	225
VII.3. Conclusões	255
Notas	257
VIII. AVALIAÇÃO DO PAPEL DAS COMUNICAÇÕES A NÍVEL MICROECONÔMICO: UM MODELO DE SIMULAÇÃO DE ESTOQUES COM A DEMANDA E "LEAD TIME" ALEATÓRIOS ...	258
VIII.1. Introdução	258
VIII.2. O Papel dos Transportes e das Comunicações na Redução dos Custos de Estocagem	263
Notas	291
IX. O IMPACTO DA TELEMÁTICA SOBRE A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO HUMANO	292
IX.1. Introdução	292
IX.2. Colocação do Problema	293
IX.3. Segmentação da Economia e Métodos de Análise da Força de Trabalho	294
IX.4. Uma Proposta de Classificação da Força de Trabalho	299
IX.5. Atividades nas Quais as Telecomunicações Podem Ser Aplicadas como Substituto aos Transportes	303
Notas	317
X. CONCLUSÕES	319
Notas	327
XI. SUGESTÕES PARA APROFUNDAMENTO DO ESTUDO	328
BIBLIOGRAFIA	337

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1. SOBRE OBJETIVOS E METODOLOGIA

Nesta tese são abordadas as relações entre sistemas de processamento e comunicação da informação e sistemas de transporte, com ênfase para os diferentes modos de uso de energia implicados. O significado do trinômio matéria em movimento - transformação de energia - processamento e transmissão da informação é investigado em diferentes níveis: desde sua conceituação na Física Moderna até sua verificação empírica no caso específico do sistema de transporte rodoviário de carga no Brasil atual. A busca de significados e implicações estará sempre acompanhada da pesquisa de raízes, processos e propósitos, bem como das

principais características invariantes e pontos de ruptura. A verificação empírica terá antes o caráter de constatação dos limites e possibilidades inerentes às fontes de dados e aos métodos de abordagem disponíveis, a partir da qual novas questões e hipóteses serão levantadas, evidenciando-se novos caminhos da pesquisa.

Esta tese não é o resultado do trabalho de um especialista em transportes, ou em planejamento energético. É mais propriamente o fruto de diferentes experiências de trabalho e convivência que propiciaram o (re)nascimento e desenvolvimento de uma idéia, uma curiosidade, melhor dizendo, uma inquietação. Se fosse necessário colocar a formação acadêmica e experiência profissional do autor como referência indispensável para melhor entendimento da obra, diria que esta se realizou na área tecnológica, mais especificamente em Engenharia Eletrônica, Pesquisa Operacional e Computação. Talvez mais significativo seja dizer que me formei no contexto de grandes centros tecnológicos, atraído inicialmente pelo fascínio das possibilidades aparentemente ilimitadas da tecnologia moderna e pelo desejo de compreendê-la e decifrar seus mistérios; devo confessar também que estes ainda permanecem diante de mim como um Poder enigmático e indecifrável.

Sem ter trilhado o caminho de minha especialidade até o esgotamento de suas possibilidades de apreensão e compreensão do mundo - afirmar isto seria por demais pretencioso - senti desde cedo, e cada vez mais intensamente à medida que avançava minha

formação tecnológica, que não me satisfaria em viver e pensar exclusivamente nos limites da linguagem e da postura do cientista - tecnólogo moderno. Foi necessário romper com a linguagem e a postura do que seria "minha especialidade", abandonar sua confortante cientificidade e exatidão, desespecializar-me, e emprender uma jornada sobre terreno onde as incertezas e riscos se mostrariam mais explicitamente, apenas para aprender os limites de minha tentativa de compreender e abranger a totalidade que me fascina.

É bem certo que, no interior das corporações de especialistas e das instituições estabelecidas, a incerteza e a angústia inerentes a essa busca e a esse encontro com nossas próprias limitações são cuidadosamente neutralizadas: a prática do mútuo elogio e a legitimação através dos propósitos de resolução técnica "ad infinitum" dos "problemas" e "carências", "causadores" de conflitos e dúvidas, são entorpecentes necessários e muitas vezes eficazes da consciência.

Ao contrário, a confrontação direta com nossos limites enquanto pesquisadores e "solucionadores de problemas" nos faz sentir como partes, não como senhores, de uma totalidade, e nos leva a aprender com ela e a amá-la. Somos nós todos também sistemas dentro de sistemas dentro de sistemas e contemos sistemas que contêm sistemas que contêm sistemas ...

É norma apresentar na Introdução a um trabalho de pesquisa, em especial no caso de tese, os objetivos e metodologia

portadores do trabalho. Esta apresentação, no caso do presente trabalho, somente será viável se colocada em dois diferentes níveis semânticos e se explicitadas as relações entre estes níveis.

Em um primeiro nível mais abrangente, não creio que minha experiência como pesquisador me permita situar de forma definitiva no tempo o ponto em que me coloquei a mim mesmo objetivos e métodos de trabalho específicos, direcionados para esta pesquisa em particular, e destacados de mim mesmo, de minhas indicações mais gerais. Assim, preferível seria falar de aspirações minhas por indagar do significado dos diferentes sistemas e processos socio-técnicos, e de minha inserção nestes como pesquisador, mas sobretudo como ser humano. Tais aspirações estiveram presentes antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa; em realidade esta foi uma oportunidade privilegiada pelo tema, pelo acesso a informação, pela convivência com pessoas - para dar vazão àquelas.

Também do ponto de vista metodológico não seria correto dizer que "optei" deliberadamente por utilizar esta ou aquela técnica, ou me basear neste ou naquele referencial. Assim como os objetivos, os procedimentos e métodos adotados têm raízes em minha vida de pesquisador e puderam crescer e afiar nas condições privilegiadas deste trabalho. Objetivos e métodos, se existem de fato para o pesquisador, estarão presentes e em constante transformação antes, durante e depois de qualquer pesquisa específica; não são o objeto de um "fazer nascer", de uma "cria-

talização" proposital e situada no tempo e no espaço. Ao contrário, quanto mais viver e pesquisar se aproximam, mais difícil e irreal é tentar isolar e enumerar os métodos de uma pesquisa específica, enquanto antes que, em sua objetividade, não estejam relacionados com a vida do autor em sentido amplo, inclusive com suas características de subjetividade.

Sob esta perspectiva, a apresentação de objetivos e métodos somente fará sentido se referenciada às experiências concretas da vida do autor, relacionadas ao momento da pesquisa, tal como se fará a seguir.

I.2. A GÊNESE DO TRABALHO E A ESCOLHA DO TEMA

Para a elaboração da pesquisa, dois aspectos de minha vida profissional foram decisivos e ocorreram no mesmo período em que fui membro do corpo docente do Curso de Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ: minha participação enquanto docente e pesquisador na criação e implantação de uma área de concentração a nível de mestrado em Política Científica e Tecnológica na COPPE/UFRJ e minha cooperação com o NCE/UFRJ em atividades de pesquisa e desenvolvimento.

A experiência na COPPE foi decisiva para ampliar os ho-

horizontes de minha reflexão sobre os pressupostos, objetivos e limites da elaboração de uma Política de Ciência e Tecnologia, bem como de uma possível "participação social" nessa política. O fato técnico enquanto fato político e o desenvolvimento tecnológico indissociado do poder tecnológico foram aspectos propulsores de uma atitude mais crítica, não tanto diante de tais fatos em si ou de seus "protagonistas" e "atores", mas sobretudo diante de mim mesmo! Colocar-me a mim mesmo em questão, relativizar e questionar sempre o significado e as implicações de minha atividade profissional e, principalmente, relativizar minhas motivações para participar na criação, reprodução ou difusão de fatos tecnológicos. Este nível de questionamento somente foi possível graças à convivência com alguns colegas professores e estudantes em um ambiente de trabalho aberto ao debate e à confrontação de idéias.

Se o ambiente de trabalho na COPPE foi privilegiado, ainda que espacial e temporalmente delimitado, cabe destacar nesse contexto minha participação como coordenador do projeto de pesquisa intitulado "Novas Tecnologias e Meio Ambiente: O Papel da Telemática na Racionalização do Uso de Energia", desenvolvido com apoio do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), cuja temática era intimamente ligada à desta tese. Tal projeto permitiu a confrontação de métodos, proposições e resultados, alguns deles incluídos nesta tese, com os de outros pesquisadores atuantes na área de Planejamento e Gestão de Ciência e Tecnologia a nível nacional.

A experiência junto ao NCE foi de importância inestimável para minha formação técnica; aprendi fazendo ou tentando fazer, perguntando, mesmo ensinando. Conviver com bons técnicos e analistas, ver nascer frutos dos imperativos da eficiência técnica e da viabilidade de mercado, participar em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, foram experiências decisivas tanto para minha qualificação na área de Computação como para formar minha consciência das possibilidades e dos limites desse tipo de produção e de convivência.

Para a concepção e desenvolvimento desta tese, foi decisiva minha participação em projeto de pesquisa contratado à UFRJ pela EMBRATEL e executado pelo NCE, com o objetivo de investigar o potencial de mercado para serviços de telecomunicações existente no setor de transportes. O convívio com colegas pesquisadores, em equipe tipicamente interdisciplinar, o intercâmbio de idéias e experiências e o amplo acesso a fontes de informação propiciaram as condições privilegiadas para o ganho de conhecimento e o embasamento factual-empírico adequados à elaboração da tese. Neste sentido, alguns procedimentos de pesquisa adotados são antes frutos da experiência que o projeto propiciou que propriamente criações exclusivas do autor; por outro lado, grande parte das bases de dados utilizadas são também parte do acervo disponível como fruto do projeto. Também o apoio de pessoal para programação e o uso de facilidades computacionais foram importantes contribuições do NCE.

Como fruto dessas diferentes experiências, este traba-

lho não se propõe a colocar propostas de soluções ótimas ou mais eficientes de problemas enconstradicos em sistemas de transportes via uso de sistemas de informação; colocam-se sim alternativas que poderão ser eventualmente implementadas e avaliadas, juntamente com indicações de seu potencial de risco e de oportunidade; colocam-se sobretudo idéias e perspectivas de como se (re) pensar sistemas reais de transporte e comunicações em suas interrelações e significados para a vida humana e o meio ambiente, com ênfase para as diferentes formas de uso de energia; colocam-se ainda reflexões úteis para se pensar o futuro de tais sistemas.

Metodologicamente, busquei na tese um caminho que resultou ser intimamente ligado às características conflitantes de minha formação acadêmica e profissional: empreendi uma tentativa de melhor entender processos e sistemas típicos do mundo tecnológico moderno, quais sejam os sistemas de transportes, comunicações e uso da energia, lançando mão de métodos e instrumentos de estruturação e análise da informação característicos da Ciência e da Técnica modernas (conceitos da Física Moderna e da Teoria da Informação, bancos de dados, modelagem matemática, algoritmos); remeti entretanto ao mesmo tempo a abordagem, as indicações, as hipóteses e a interpretação dos resultados a uma perspectiva não muito frequente ou valorizada nos limites desse modo de pensar e pesquisar, reportando-me às origens de tais sistemas, aos processos e rupturas da evolução socio-biológica e socio-cultural, e buscando visualizar os possíveis desdobramentos futuros. Essa ambiguidade será percebida neste trabalho

modelos matemáticos serão desenvolvidos e fornecerão medidas e avaliações para os processos estudados, as quais serão em seguida relativizadas enquanto possíveis "soluções". As conclusões apresentadas serão na forma explícita de novos questionamentos. Por outro lado, como questão subjacente a todo o trabalho indaga-se do significado da busca de controle sobre os sistemas de transformação e consumo de energia mediante a aplicação de sistemas de processamento e transmissão da informação; indaga-se das origens, fundamentos, limites e possibilidades dessa busca.

Neste contexto a escolha dos sistemas de transporte e comunicações para estudo pode parecer acidental. De fato, as mesmas indagações aqui colocadas, e que permeiam todo o trabalho, estariam presentes caso o setor tecnológico escolhido tivesse sido outro entre os chamados "de ponta" (pense-se, por exemplo, na Engenharia Genética). Provavelmente também recursos metodológicos semelhantes seriam utilizados, por serem estes os que constituem a formação e as preferências do autor.

O binômio transportes - comunicações constitui entretanto um desafio particularmente interessante ao esforço de pesquisa e reflexão, pois são funções intimamente ligadas entre si na História Humana, para não dizer na História Natural! falar de transportes e comunicações é falar de movimento, matéria e energia, de entropia, de sinais, símbolos e mensagens, de entendimento e compromisso, de controle e poder. Assim, o tema comporta questões de marcante atualidade, tais como:

- o desenvolvimento tecnológico tem um potencial intrínseco de geração de soluções para controlar os riscos que ele mesmo origina, tais como o esgotamento de recursos energéticos e a poluição ambiental? o caráter anti-entrópico da informação seria um indicativo dessa possibilidade?

- que outras condições são necessárias ao controle dos riscos anteriormente mencionados? tais condições são contraditórias ou ao menos alcançáveis no mundo atual?

- é possível identificar os efeitos benéficos de uma tecnologia "per se"?

- energia enquanto condição para ativar sistemas produtivos e destrutivos e comunicação como fonte de controle, interação e compromisso são condições necessárias e suficientes para a continuidade e reprodução dos sistemas socio-técnicos tais como os conhecemos?

- em que medida os sistemas de transporte constituem contexto apropriado para verificação empírica das questões anteriores?

O esforço empreendido, se não para responder, ao menos para abordar sistematicamente tais questões, irá permear todo o texto da tese.

1.3. PROCEDIMENTOS, MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS

A pesquisa fundamentou-se no levantamento e análise crítica da literatura pertinente à evolução histórica das atividades de transporte, comunicações e uso da energia, abrangendo obras que poderiam ser classificadas nas seguintes áreas do conhecimento: Astronomia e Cosmologia, Bioquímica Molecular, Física Nuclear, Teoria da Informação, Antropologia Física e Cultural, Filosofia da Técnica, História das Civilizações, História da Ciência e da Tecnologia, Informática e Sociedade e Engenharia de Transportes.

O entendimento alcançado com base nesse estudo foi útil para a elaboração dos capítulos iniciais da tese e propiciou o referencial adequado para a abordagem de fontes de dados secundárias e para a assimilação do conhecimento de profissionais experimentados nos setores de transportes e comunicações. Foi dado o mais amplo e aprofundado aproveitamento possível aos dados disponíveis, tanto em fontes secundárias (arquivos residentes em fitas magnéticas e em discos, anuários estatísticos e publicações especializadas) como em entrevistas e estágios junto aos transportadores.

Os modelos matemáticos propostos e desenvolvidos pertencem aos campos da Análise Estatística Multivariada e da Simulação de Processos Estocásticos. Tais métodos foram úteis na

busca de um melhor entendimento do setor de transportes sob a ótica do consumo energético e do uso de telecomunicações, na obtenção de estimativas de "performance" e de "trade-off", na obtenção de alternativas a serem propostas e na elaboração de um plano de amostragem para utilização em pesquisa de campo, bem como na análise das informações coletadas.

Os recursos computacionais utilizados incluíram um computador Burroughs 6800 e um microcomputador Itautec I-7000. Foram desenvolvidos programas em ALGOL, BASIC e FORTRAN e foram utilizados pacotes estatísticos para computadores de grande porte e microcomputadores, optando-se pela utilização do Redator da Itautec para edição do texto. As limitações deste editor levaram à elaboração de um glossário dos símbolos usados no texto, o qual se encontra logo após o "abstract" da tese. As notas ao texto, por conterem tipicamente citações muito longas, deduções e demonstrações auxiliares, foram colocadas no final de cada capítulo. No próprio texto, tais notas estão referenciadas mediante numeração entre parênteses (ex.: (1), (2), (3), ...); já as referências bibliográficas são indicadas mediante numeração entre colchetes (ex.: [1], [2], [3], ...).

I.4. SOBRE O CONTEUDO DA TESE

No Capítulo II, são apresentadas as relações entre os conceitos de informação e energia na concepção da Física Moderna, com ênfase para a discussão do caráter anti-entrópico da in-

formação e seu papel na estruturação de organismos vivos.

No Capítulo III, o uso de diferentes formas de energia é referenciado a diversos contextos socio-culturais, buscando-se aí uma interpretação das relações entre trabalho humano, energia e cultura.

No Capítulo IV desenvolve-se uma interpretação socio-biológica e histórico-cultural dos transportes e das comunicações.

O Capítulo V contém uma breve apresentação dos transportes no Brasil, em seus aspectos histórico e econômico, partindo de sua gênese com o início da colonização e buscando indicações com respeito à eficiência energética, o uso de transporte intermodal e o papel das comunicações.

O Capítulo VI apresenta os métodos e resultados de um estudo aprofundado do setor de transportes sob a ótica do modo e intensidade de uso de telecomunicações, tendo como base dados provenientes do projeto EMBRATEL/UFRJ.

O Capítulo VII contém a proposição e desenvolvimento de um modelo estatístico para avaliação de um possível "trade-off" entre uso de comunicações e uso de energia por parte das empresas brasileiras de transporte rodoviário de cargas; aqui são correlacionadas estatisticamente informações, a nível de empresa, sobre eficiência energética e intensidade de uso de comuni-

cações, entre outras.

O Capítulo VIII contém um modelo de simulação para avaliação do papel das telecomunicações e dos transportes na otimização da política de estoques a nível microeconómico.

No Capítulo IX discute-se o impacto do processo de telematização dos transportes sobre o nível de emprego e a composição da força de trabalho, indicando-se aí não somente as viagens, mas também as ocupações, que serão provavelmente substituídas por funções automatizadas de tratamento e comunicação da informação.

O Capítulo X (Conclusões) contém um esforço de síntese dos resultados alcançados por diferentes metodologias e enfoques, em capítulos anteriores. Em particular, são abordadas criticamente as contribuições do estudo ao entendimento das relações entre sistemas de transportes e de telemática, bem como são avaliadas as perspectivas de uma possível redução dos desperdícios de energia mediante aplicação de recursos telemáticos aos transportes.

O Capítulo XI contém sugestões para desenvolvimento posterior de certos aspectos da pesquisa.

CAPÍTULO II

ENERGIA E INFORMAÇÃO NA CIÊNCIA NATURAL MODERNA

Nos termos da Mecânica Clássica, o trabalho realizado sobre uma partícula é definido como o produto escalar do vetor deslocamento da partícula pela resultante das forças que sobre ela atuam. A condição necessária e suficiente para realização de trabalho é, segundo essa teoria, a existência de matéria não isolada em movimento. Assim, as idéias de existência do Universo e de existência de trabalho são indissociáveis, pois para que não existisse trabalho seria necessário que o Universo fosse desprovido de matéria, ou se resumisse a uma única partícula, ou ainda que todas as suas partículas estivessem simultaneamente em equilíbrio e em repouso. Da mesma forma, as idéias de existência do Universo e da energia são também indissociáveis, uma vez que esta é definida como a capacidade de realização de trabalho.

Na concepção mecanicista da Física Newtoniana, todo o

futuro de um sistema isolado é determinável a partir do conhecimento do estado atual do sistema (dado pelas coordenadas e quantidade de movimento das partículas e pelas forças que agem sobre elas) e a trajetória do Universo seria assim previsível pelas leis da Dinâmica Clássica, traduzindo-se em movimentos regulares e contínuos por toda a eternidade. Teríamos assim um universo esvaziado de momentos de descontinuidade, imprevisibilidade e rupturas; um Universo onde há trabalho, mas não há fatos novos. A interação entre partículas seria identificada com a ação de forças conservativas, definidas como as que realizam trabalho mensurável pela diferença entre os valores assumidos por uma função escalar (energia potencial) das coordenadas na posição inicial e final da trajetória da partícula. Nesse caso, o trabalho realizado entre duas posições determinadas independe da trajetória da partícula. O Universo seria então concebido como um conjunto de partículas mergulhadas em uma rede de campos de forças conservativas, de tal forma que, caso uma partícula retorne a uma posição já ocupada anteriormente, o trabalho realizado na trajetória fechada seria nulo e o estado energético da partícula seria idêntico àquele em um momento do passado, quando a partícula teria ocupado aquela mesma posição. Esta proposição equivale conceitualmente à possibilidade de retorno periódico ao passado, de repetição de trajetórias e de estados energéticos indefinidamente. O Universo desprovido de História, em movimento regular, contínuo e periódico, tem no campo gravitacional a fonte por excelência das forças conservativas que tecem a rede de ligações recorrentes entre passado e futuro.

A Física Moderna rompe definitivamente com a visão me-

canicista do Universo a partir da proposição do Princípio da Incerteza de W. K. Heisenberg e do Princípio da Complementariedade de N. Bohr. O primeiro princípio coloca um veto à possibilidade de mensuração simultânea e precisa da posição e da quantidade de movimento de uma partícula elementar, e com isso supera definitivamente o postulado newtoniano de previsibilidade dos fenômenos naturais. O segundo princípio estabelece que diferentes descrições de um sistema de partículas elementares são admissíveis, em função de diferentes procedimentos experimentais utilizados para observá-las. Exemplo mais conhecido desse princípio é o dualismo onda-partícula do elétron.

Com estes dois princípios, a Física rompe definitivamente com o postulado de que um conhecimento objetivo da Natureza seja alcançável, o que significa uma negação da possibilidade de neutralização dos fatores subjetivos no ato experimental, e assume que o conhecimento incompleto da realidade lhe é essencial.

“Em primeiro lugar, a distinção (entre a Física Moderna e a Newtoniana) é expressa nas chamadas relações de indeterminação. Constatou-se que não é possível determinar simultaneamente a posição e a velocidade de uma partícula elementar, com um grau de precisão arbitrariamente determinado. Pode-se medir com grande precisão a posição, mas então a influência do instrumento de medida dificulta em certo grau o conhecimento da velocidade; inversamente, dificulta-se o conhecimento da posição ao se fazer uma medida exata de velocidade, de tal forma que o produto das duas imprecisões nunca é inferior à constante de

Planck. Esta formulação serve para evidenciar que os conceitos da Mecânica Newtoniana não permitem ir muito longe; pois para se prever o desenvolvimento de um processo mecânico é necessário conhecer simultaneamente a posição e a velocidade em determinado instante; entretanto, isto é impossível, segundo a Teoria Quântica. Uma outra formulação foi proposta por NIELS BOHR, que propôs o princípio da complementaridade. Com essa idéia, Bohr refere-se a que diferentes conceituações destinadas a descrever os sistemas atômicos podem ser adequadas para determinadas experiências, mas excluem-se mutuamente. Assim por exemplo podemos descrever o átomo de Bohr como um pequeno sistema planetário: um núcleo atômico no centro e, por fora, elétrons que giram em torno desse núcleo. Para outras experiências entretanto pode ser mais adequado imaginar que o núcleo atômico se encontra rodeado por um sistema de ondas estacionárias, sendo a radiação emitida pelo átomo determinada pela frequência dessas ondas. Finalmente, o átomo pode ainda ser considerado como objeto da Química, podendo-se calcular seu calor de reação ao combinar-se com outros átomos, porém nada se pode dizer ao mesmo tempo sobre o movimento dos elétrons. Esses diversos modelos são corretos se utilizados no contexto correto, mas são incompatíveis uns com os outros e são considerados por isso complementares uns aos outros. A indeterminação implícita em cada uma dessas concepções, que se exprime através da relação de indeterminação, é suficiente para evitar contradições lógicas entre elas. Estas indicações permitem compreender, mesmo sem recurso ao formalismo matemático da teoria quântica, que o conhecimento incompleto de um sistema é um componente essencial de toda formulação da teoria quântica."

(“Einmal kann man die Abweichung von der früheren Physik in den sogenannten Unbestimmtheitsrelationen ausdrücken. Man stellte fest, dass es nicht möglich ist, den Ort und die Geschwindigkeit eines atomaren Teilchens gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit anzugeben. Man kann entweder den Ort sehr genau messen, dann verwischt sich dabei durch den Eingriff des Beobachtungsinstrumentes die Kenntnis der Geschwindigkeit bis zu einem gewissen Grad; umgekehrt verwischt sich die Ortskenntnis durch eine genaue Geschwindigkeitsmessung, so dass für das Produkt der beiden Ungenauigkeiten durch die Plancksche Konstante eine untere Grenze gegeben wird. Diese Formulierung macht jedenfalls klar, dass mit den Begriffen der Newtonschen Mechanik nicht sehr viel weiter kommen kann; denn für die Berechnung eines mechanischen Ablaufs muß man gerade Ort und Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichzeitig genau kennen; aber eben dies soll nach der Quantentheorie unmöglich sein. Eine andere Formulierung ist von NIELS BOHR geprägt worden, der den Begriff der Komplementarität eingeführt hat. Er meint damit, dass verschiedene anschauliche Bilder, mit denen wir atomare Systeme beschreiben, zwar für bestimmte Experimente durchaus angemessen sind, aber sich doch gegenseitig ausschließen. So kann man z. B. das Bohrsche Atom als ein Planetensystem im Kleinen beschreiben: in der Mitte ein Atomkern und aussen Elektronen, die diesen Kern umkreisen. Für andere Experimente aber mag es zweckmäßig sein, sich vorzustellen, dass der Atomkern von einem System stehender Wellen umgeben ist, wobei die Frequenz der Wellen maßgebend ist für die vom Atom ausgesandte Strahlung. Schliesslich kann man das Atom auch ansehen als einen Gegenstand der Chemie, man kann seine Reaktionswärme bei Zusammenschluß mit

anderen Atomen berechnen, aber dann nicht gleichzeitig etwas über die Bewegung der Elektronen aussagen. Diese verschiedenen Bilder sind also richtig, wenn man sie in der richtigen Stelle verwendet, aber sie widersprechen einander, und man bezeichnet sie daher als komplementär zueinander. Die Unbestimmtheit, mit der jedes einzelne dieser Bilder behaftet ist und die durch die Unbestimmtheitsrelation ausgedrückt wird, genügt eben, um logische Widersprüche zwischen den verschiedenen Bildern zu vermeiden. Es ist aus diesen Andeutungen wohl auch ohne Eingehen auf die Mathematik der Quantentheorie verständlich, dass die unvollständige Kenntnis eines Systems ein wesentlicher Bestandteil jeder Formulierung der Quantentheorie sein muss." (HEISENBERG [1], pp. 28-29, citado em parte em BARTHOLO JR. [2], pp.187-188.

O fato de que um conhecimento incompleto dos fenômenos naturais é da essência da Física Moderna corresponde possivelmente à mais radical ruptura ocorrida no seio da Ciência Moderna, a tal ponto que se poderia indagar com propriedade quais são os fundamentos constitutivos dos postulados da Física remanescentes após essa ruptura. Tais fundamentos não dizem mais respeito aos fatos ou aos objetos tais como eles objetivamente são, mas sim às condições e limitações de nossa capacidade de ganho de conhecimento através da observação de tais fatos e objetos:

"Em primeiro lugar reconhece-se sem questionamento o fato da experiência. Evidentemente é também reconhecido que a Física somente pode ser encontrada na coleção de inumeráveis experiências singulares. Nós supusemos há pouco que a Física contemporânea deriva-se de poucos postulados simples; nós devemos

supor também que estes postulados serão tão mais simples em seu conteúdo quanto mais abrangente for a teoria em questão, tão mais recentemente portanto ela surgir como teoria acabada. Nós ainda não perguntamos se tais postulados possuirão uma fundamentação interna. Acredito que justamente os postulados básicos das teorias mais recentemente consolidadas da Física nada mais estabelecerão que apenas as condições da possibilidade da experiência."

("Zunächst ist in ihr das Faktum der Erfahrung ohne weitere Rückfrage anerkannt. Selbstverständlich ist auch anerkannt, dass die Physik faktisch nur auf dem Weg über das Sammeln zahlloser einzelner Erfahrungen gefunden werden konnte. Wir haben aber vorhin vermutet, dass die vorliegende Physik aus wenigen einfachen Postulaten folgt; wir dürfen zusätzlich vermuten, dass diese Postulate umso inhaltsärmer werden, je umfassender die betreffende Theorie ist, je später also sie in der Folge der abgeschlossenen Theorien zu stehen kommt. Wir haben damals noch nicht gefragt, ob auch diese Postulate noch einer inhaltlichen Begründung fähig sein werden. Ich vermute jetzt also, dass gerade die Grundpostulate der letzten abgeschlossenen Theorie der Physik nichts anderes mehr formulieren als nur die Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung überhaupt." (WEIZSACKER [3], p. 218)).

Entre os conceitos aceitos como válidos e indispensáveis, tanto para a Física Newtoniana como para a Física Moderna, na interpretação de quaisquer fenômenos naturais, estão os conceitos de trabalho e energia. Assim, o movimento dos corpos,

a combinação química entre os elementos, as transformações subatômicas são abordados na Física Moderna enquanto fenômenos que implicam na realização de trabalho e na conversão entre diferentes formas de energia.

Entretanto, desde a concepção das primeiras máquinas térmicas da Revolução Industrial, um século antes da ruptura da Física com a visão mecanicista do Universo, já se intuía a impossibilidade de mensuração e previsão de certos fenômenos associados à transformação e transferência de energia. A constatação dessa impossibilidade abriu caminho para a busca e ganho de conhecimento técnico com a formulação dos conceitos da Termodinâmica Clássica, a construção de máquinas térmicas e o aprimoramento do seu desempenho produtivo. No entanto, a manutenção do paradigma newtoniano impediu que a incerteza e imprevisibilidade evidentes na transformação e transferência de energia fossem incorporadas de imediato ao pensamento científico, impondo-se assim a adoção de conceitos que remetessem à natureza intrinsecamente aleatória desses fenômenos e fossem colocados como substitutos à sua objetivação: as forças não conservativas, o atrito, a entropia e o calor, fundamentados a partir do conceito de probabilidade (1).

A segunda lei da termodinâmica diz respeito às formas de energia menos cognoscíveis ou controláveis pelo homem, e enuncia que estas formas tendem a abranger parcela crescente do estoque total de energia de um sistema isolado e, em particular, do Universo. A energia tende assim a assumir formas que escapam ao entendimento e ao controle humano. A entropia é uma medida

inversa da qualidade de diferentes formas de energia, "qualidade" aqui entendida como grau de disponibilidade para uso humano na geração de trabalho mecânico. Nestes termos, a segunda lei da Termodinâmica pode ser enunciada como a lei da tendência crescente da entropia em sistemas isolados, tendo como corolário a tendência ao crescimento da entropia no Universo. Segundo essa lei, o estado final do Universo seria o de "morte entrópica", quando toda a energia tivesse se "degradado" na forma de calor e nenhum trabalho mecânico fosse possível (2).

A primeira lei da Termodinâmica e o Princípio da Conservação da Matéria são unificados por A. Einstein no Princípio da Conservação da Matéria-Energia, segundo o qual matéria e energia são intercambiáveis em uma proporção constante dada pelo quadrado da velocidade da luz no vácuo. De acordo com esse princípio, o estoque total de matéria e energia do universo é constante. Uma decorrência desse princípio e da segunda lei da Termodinâmica é que o único meio de se manter constante ou aumentar a energia disponível para uso humano no Universo é a transformação de matéria em energia, ou seja, a desmaterialização do Universo, à razão de 0.09 EJ/kg aproximadamente. Os termos da transformação de matéria em energia e vice-versa ficam assim quantitativamente estabelecidos.

Os fenômenos associados à matéria em movimento sujeita à interação com o resto do Universo correspondem a uma alteração na configuração espacial deste, ou seja, na sua forma. A cada alteração desse tipo, modificam-se as possibilidades de nova realização de trabalho, sendo a energia a medida desse trabalho

possível. Assim, a configuração espaço-material do universo, cambiante no tempo, no transcorrer de incessante processo de trabalho, implica em mudanças de forma: o trabalho modifica a forma do Universo. Admitindo-se a informação como medida da quantidade de forma (3), a realização de trabalho implica em alteração na informação existente no Universo. A mudança de forma implica também em mudança nas interações entre os elementos e portanto nos diferentes tipos de energia existentes. A constante realização de trabalho modifica assim permanentemente o estoque de informação e a qualidade da energia no Universo.

A informação, colocada como grandeza fundamental pela Física Moderna, pode crescer e evoluir ou ser reduzida e destruída, ao contrário da matéria/energia, da carga elétrica e da quantidade de movimento (linear e angular), sujeitos a leis de conservação. Informação e entropia apresentam portanto uma característica em comum: ambas não estão sujeitas a leis universais de conservação. Sendo entretanto a primeira uma medida da quantidade de forma e a segunda, do grau de desorganização de sistemas quaisquer, opõem-se uma ao crescimento da outra.

O crescimento da informação corresponde à estruturação de formas mais complexas e organizadas de matéria e energia. Assim, o crescimento da informação opõe-se à "morte entrópica" e a informação pode ser caracterizada como a entidade anti-entrópica por excelência (4). Sua manifestação mais evidente é o surgimento da vida no Universo e sua evolução: a História Natural e a Cultura. Nos organismos vivos, é a informação portada pelo genes que transmite no decorrer do tempo os processos auto-orga-

nizantes que possibilitam a evolução e o desenvolvimento dos indivíduos e das espécies, sendo possível calcular a informação contida no gens humano:

"Os biólogos modernos falam, na Genética por exemplo, legitimamente a respeito de informação. Um cromossomo contém em seu gens a informação que determina o fenotipo do indivíduo, na medida em que ele é hereditariamente determinado. As "letras" dessa escrita já foram descobertas. Apenas quatro substâncias químicas distintas, enroladas umas sobre as outras em longas espirais, fixam por inteiro as características hereditárias, através de seu modo de sequenciamento. O conteúdo de informação de um único embrião humano é estimado como comparável ao de uma biblioteca com mil volumes. É evidente que, se as idéias da Teoria da Informação são pertinentes em algum contexto, elas o serão aqui. Entretanto, aqui não há quem fale, quem comunique algo, ou quem entenda uma mensagem."

("Die modernen Biologen sprechen, z. B. in der Genetik, völlig legitim von Information. Ein Chromosomensatz enthält in seinen Genen die Information, die den Phantyp des Individuums, soweit er erblich bestimmt ist, determiniert. Man hat sogar Jetzt die "Buchstaben" gefunden, in denen diese Schrift geschrieben ist. Nur vier verschiedene chemische Substanzen, in langen Schraubenwindungen aneinandergereiht, legen durch die Art ihrer Reihenfolge den gesamten Erbtyp fest. Man hat den Informationsbestand eines einzigen menschlichen Zellkerns als vergleichbar dem einer tausendbandigen Bibliothek geschätzt. Dass, wenn irgendwo, dann hier die Begriffe der Informationstheorie an

Plätze sind, ist evident, Hier ist aber niemand, der spricht, niemand, der etwas mitteilt oder das Mitgeteilte versteht." (WEISZACKER [37], pp. 53-54) (5).

O crescimento da complexidade dos organismos vivos corresponde ao crescimento da informação, e a tendência crescente da informação se opõe à tendência crescente da entropia, de tal forma que na confrontação permanente entre vida e morte, evolução, viabilidade e extinção, manifesta-se a coexistência de duas tendências antagônicas no Universo. Até onde a Física pode nos ensinar, somos nós também parte desse conflito e ele nos parecerá particularmente duro e desigual enquanto a entropia em sistemas isolados tende a crescer, a informação e a própria vida poderão tanto crescer, evoluir como se reduzir ou mesmo serem destruídas. E sabemos (ou ao menos admitimos até o momento) que essa é a regra do jogo para todo o Universo.

Os processos físico-químicos presentes nos organismos vivos não são regidos pelas leis de equilíbrio energético da Termodinâmica Clássica ou da Termodinâmica Estatística. Os seres vivos apresentam determinadas características essenciais e imprescindíveis à própria condição vital, que contradizem frontalmente as condições normalmente adotadas nessas teorias e na Mecânica Clássica; jamais permanecem vivos se isolados do meio ambiente, com o qual necessitam permanentemente trocar matéria, energia e informação; apresentam-se sempre distantes do equilíbrio energético e podem bem ser caracterizados como estruturas dissipativas de energia, dotadas de poder auto-organizante, ou seja, da capacidade de superar a tendência ao mero equilíbrio

homeostático das funções vitais, abrindo caminho para formas de vida com grau maior de organização. Aqui é particularmente relevante a proposição de I. Prigogine, segundo a qual o não-equilíbrio pode ser uma fonte de organização. Essa proposição permitiu o estabelecimento de uma Termodinâmica não-linear de processos irreversíveis, que passou a embasar a descrição de fenômenos de estruturação espontânea e contribuiu, juntamente com a Mecânica Quântica e a segunda lei da Termodinâmica, para a introdução da História na descrição dos fenômenos naturais. O novo princípio ordenante, que somente foi claramente reconhecido há menos de duas décadas, tem sido denominado "princípio da ordem através da oscilação", e passou a se caracterizar como uma réplica termodinâmica à própria lei da tendência crescente da entropia.

O conceito de estruturas dissipativas possibilita o entendimento da formação de enclaves auto-organizantes em um Universo sujeito ao crescimento da entropia:

"...O número de combinações que se pode consequentemente calcular permite concluir pela probabilidade quase nula de um tal fenômeno de auto-organização. Cada vez que novos tipos de comportamento aparecem para além do limite de instabilidade, a aplicação do conceito de probabilidade fundamentado sobre o cálculo do número de combinações torna-se (dessa maneira) impossível. Esta impossibilidade é especialmente evidente no que concerne à gênese do novo comportamento..."

Assim, longe do equilíbrio, a noção de probabilidade

que está no centro do princípio de ordem de Boltzmann perde sua validade ... Em particular, no seio de um sistema que evolui globalmente em direção ao equilíbrio ... os fluxos irreversíveis podem criar, de maneira previsível e reprodutível, a possibilidade de processos locais de auto-organização. Neste contexto, um fenômeno como a aparição de formas vivas poderia ser considerado como previsível do ponto de vista da Física. A vida escaparia por certo ao princípio de ordem de Boltzmann, mas ela entraria na ordem de possibilidades derivadas da Termodinâmica de não equilíbrio. As células de Bernard constituem um primeiro tipo de estrutura dissipativa, expressão que traduz a associação entre a idéia de ordem e a idéia de desperdício, e foi escolhida propositalmente para exprimir o fato fundamental novo: a dissipação de energia e de matéria — geralmente associadas às idéias de perda de rendimento e de evolução em direção à desordem — tornam-se, longe do equilíbrio, fonte de ordem; a dissipação está na origem do que se pode bem denominar novos estados da matéria.

As estruturas dissipativas constituem com efeito uma forma de organização supermolecular; enquanto os parâmetros que descrevem a estrutura cristalina são dedutíveis a partir das propriedades das moléculas que a constituem, e em particular das forças de repulsão e atração, as células de Bernard, assim como todas as estruturas dissipativas, refletem intrinsecamente a situação global de não-equilíbrio que lhes deu origem; assim os parâmetros que as descrevem são de ordem macroscópica, não da ordem de 10^{-8} cm como a distância entre as moléculas de um cristal, mas da ordem do cm."

"... Le nombre de complexions que l'on peut des lors calculer permet de conclure à la probabilité presque nulle d'un tel phénomène d'auto-organisation. Chaque fois que de nouveaux types de comportement apparaissent au-delà du seuil d'instabilité, l'application du concept de probabilité fondé sur le calcul du nombre de complexions devient de la sorte impossible. Cette impossibilité est spécialement évident en ce qui concerne la genèse du nouveau comportement..."

"... Ainsi, loin de l'équilibre, la notion de probabilité qui est au centre du principe d'ordre de Boltzmann perd sa validité... En particulier, au sein d'un système qui évolue globalement vers l'équilibre ... les flux irréversibles peuvent créer, de manière prévisible et reproductible, la possibilité de processus locaux d'auto-organisation. Dans ce contexte, un phénomène tel que l'apparition de formes vivantes pourrait être considéré comme prévisible du point de vue de la théorie physique. La vie échapperait certes au principe d'ordre de Boltzmann, mais elle entrerait dans l'ordre des possibilités impliquées par la thermodynamique loin de l'équilibre. Les cellules de Bénard constituent un premier type de structure dissipative, dont le nom traduit l'association entre l'idée d'ordre et l'idée de gaspillage et fut choisi à dessein pour exprimer le fait fondamental nouveau: la dissipation d'énergie et de matière - généralement associée aux idées de perte de rendement et d'évolution vers le désordre - devient, loin de l'équilibre, source d'ordre; la dissipation est à l'origine de ce qu'on peut bien appeler de nouveaux états de la matière.

Les structures dissipatives constituent en effet une forme d'organisation supermoléculaire: alors que les paramètres qui décrivent la structure cristalline sont déductibles à partir des propriétés des molécules qui la constituent, et en particulier de la portée de leurs forces de repulsion et d'attraction, les cellules de Bénard, comme l'ensemble des structures dissipatives, reflètent intrinsequement la situation globale de non-équilibre qui leur a donné naissance; ainsi les paramètres qui les décrivent sont d'ordre macroscopique, non pas de l'ordre de 10^{-8} cm comme la distance entre les molécules d'un cristal, mais de l'ordre du cm." (PRIGOGINE e STENGERS [4], pp. 155-156) (6).

O balanço energético nos organismos vivos e em especial no homem é radicalmente dependente da recepção, armazenagem, transformação e transporte de informação nesses organismos. Em particular, o trabalho que o homem é capaz de exercer sobre a Natureza não guarda relação de dependência direta com os insumos energéticos consumidos pela espécie humana, pois é mediatizado pela informação passível de instrumentalização em cada momento. No homem, a relação entre insumos e produtos energéticos é função da cultura.

NOTAS

(1) A admissão de forças não-conservativas na conceituação e tratamento dos processos físicos corresponde à impossibilidade de determinação da posição e quantidade de movimento de cada partícula, sendo o atrito um conceito que visa aproximar o efeito sensível macroscópico, com base no comportamento da distribuição estatística da população de partículas, quando estas estão sujeitas a uma variedade muito grande de interações microscópicas. O calor é uma grandeza que se pode transferir de um corpo macroscópico a outro, diminuindo o estoque energético do primeiro na mesma medida em que aumenta o do segundo, mas sem que nessa transferência se possa identificar e medir o trabalho realizado a partir da posição e quantidade de movimento das partículas.

(2) A Termodinâmica Estatística define entropia de um sistema em um certo estado como

$$S = - \sum_{i=1}^n P(E_i) \log_2 P(E_i)$$

onde $P(E_i)$ é a probabilidade de ocorrência do evento E_i e E_1, E_2, \dots, E_n são os eventos que caracterizam o estado.

O estado de máxima entropia seria aquele em que $P(E_i) = 1/n$, para qualquer i , ou seja, o estado caracterizado por eventos equiprováveis.

Para o exemplo clássico de um gás contido em um recipiente isolado, o estado de máxima entropia seria aquele em que a distribuição espacial das partículas seria perfeitamente uniforme, em termos de massa, energia, temperatura e pressão. O sistema em entropia máxima estaria portanto em uma condição de máxima indiferenciação. Este estado corresponde à mínima organização e à mínima possibilidade de reconhecimento de padrões e formas diferenciadas no interior do sistema. A entropia é assim interpretada como uma medida do grau de desorganização ou da ausência de forma.

A conceituação de entropia na Termodinâmica Estatística é resultado de um esforço para incorporar à concepção mecanicista do Universo sistemas caracterizados por elevado número de partículas e alta complexidade. Esse esforço e as inúmeras dificuldades conceituais e experimentais que ele irá enfrentar são prenúncios indicativos da ruptura conceitual que se concretizará

com o advento da Mecânica Quântica: "It is ultra-elementary that if a system is governed by rigid laws - such as those of mechanics - it passes from one microstate to another in a succession that is completely determined by those laws. It may seem paradoxical therefore that the probabilistic interpretation has found its fiercest defenders among those who professed a boundless enthusiasm for the supremacy of mechanics as a law of nature. Actually, this interpretation originated with Boltzmann, who is also known for preaching that "the most superficial observation shows that the laws of mechanics are not limited to the inanimate nature only." But the paradox vanishes if we realize that probability was introduced into thermodynamics precisely for saving the mechanistic representation of nature.

What has aided the strange marriage between mechanics, the paradigm of determinism, and probability, the expression of an uncontrollable factor, is the forbidding complexity of a system of numerous particles moving according to mechanical laws. In such a complex structure one may easily find one straw after another on which he may hope, each time, to support a new theoretical edifice. The history of statistical mechanics is simple: as soon as one version was challenged or refuted, another on a still more complex level was offered instead. The successive contributions of Boltzmann illustrate this point amply as well as instructively." (GEORGESCU-ROEGEN [5], pp. 148-149).

(3) O conceito de informação como medida da quantidade de forma é introduzido a partir do conceito de probabilidade: a informação contida em um evento deve ser função decrescente da probabilidade desse evento. Tal requisito é coerente com duas considerações fundamentais a nível antropológico e cosmológico: por um lado, os eventos inesperados são os que maior conteúdo informacional apresentam para o ser humano, potencializando sua capacidade de ganho de conhecimento; por outro, a estruturacão de formas em um Universo sujeito à tendência ao crescimento da entropia constitui evento de mínima probabilidade. Esta segunda consideração coloca o surgimento e desenvolvimento de formas como fenômeno altamente improvável nos limites da Termodinâmica Estatística.

"Tomemos um exemplo: Na tendência geral à desordem e portanto à uniformidade de disposição que os ventos geram nos milhares de grãos de areia que constituem uma praia, a passagem inesperada de um ser humano que imprima seu pé sobre a superfície da areia representa um complexo interativo de eventos que leva à configuração, estatisticamente improbatilíssima, da forma de um pé. Esta configuração, que é uma forma, um fenômeno de organização, tenderá evidentemente a desaparecer sob a ação dos ventos; em outras palavras, se isto representa um desvio da curva (lei) geral da entropia (crescente) ..., este sistema desviante tenderá entretanto a ser reabsorvido na curva (lei) universal da entropia crescente."

("Facciamo un esempio: nella generale tendenza al disordine e quindi all'uniformità di disposizione che i venti ingenerano nelle migliaia di granelli di sabbia che costituiscono una spiaggia, l'improvviso passaggio di una creatura umana che

imprima il suo piede sulla superficie della sabbia rappresenta un complesso interattivo di eventi che porta alla configurazione, statisticamente improbabilissima, dell'orma di un piede. Questa configurazione, che è una forma, un fatto di organizzazione, tenderà evidentemente a sparire sotto l'azione dei venti; in altre parole, se essa rappresentava una diramazione dalla curva generale dell'entropia ... questo sistema laterale tenderà tuttavia a essere riassorbito nella curva universale dell'entropia crescente." (ECO [63], p. 102)).

Seja $I(E)$ a informação associada ao evento E e dando o requisito de que $P(E) > P(E) \rightarrow I(E) < I(E)$, a consideração do número mínimo de unidades de informação ("bits") necessário para representar um evento (E) qualquer fundamenta a definição de informação associada a esse evento como sendo

$$I(E) = -\log_2 P(E).$$

Aplicando-se tal definição ao experimento constituído pelo lançamento de uma moeda, ou, o que é equivalente, à escolha entre duas alternativas de ocorrência equiprovável, teríamos: $P(E) = P(E) = 1/2$ e portanto $I(E) = I(E) = 1$ "bit". Um "bit" é portanto a informação ganha quando da verificação da ocorrência de um entre dois eventos equiprováveis. Eventos mais prováveis que estes portam informação menor que 1 "bit"; particularmente, a informação contida em um evento de ocorrência considerada inevitável é 0. Por outro lado, eventos de probabilidade inferior a 1/2 portam mais de 1 "bit" de informação; em particular, a ocorrência de eventos considerados como impossíveis gera quantidade ilimitada de informação. Este último caso é pleno de significado para a História da Ciência, pois eventos dessa natureza ocorrem precisamente nos pontos de ruptura nas teorias científicas.

"A informação de um evento pode também ser definida como o número de alternativas simples completamente irresolvíveis que são resolvidas com a ocorrência do evento. Uma alternativa é dita completamente irresolvível quando nenhuma de suas duas respostas possíveis é mais provável que a outra. Como uma medida quantitativa da forma de um objeto pode-se tomar o número de alternativas simples que devem ser resolvidas para descrever sua forma. Nesse sentido a informação contida no objeto mede então precisamente a quantidade de sua forma. A informação "contida" em um objeto é a informação contida no evento do surgimento desse objeto, reconhecido em sua identidade, no raio de percepção do observador."

("Die Information eines Ereignisses kann auch definiert werden als die Anzahl völlig unentschiedener einfacher Alternativen, die durch das Eintreten des Ereignisses entschieden werden. Als völlig unentschieden soll eine einfache Alternative gelten, wenn keine ihrer beiden möglichen Antworten wahrschein-

licher ist als die andere. Man kann nun als ein quantitatives Maß der Menge an Form eines Gegenstandes die Anzahl von einfachen Alternativen bezeichnen, die entschieden werden müssen, um seine Form zu beschreiben. In diesem Sinne misst dann die Information, die in dem Gegenstand enthält ist, genau die Menge seiner Form. Die in einem Gegenstand "enthaltene" Information ist die Information, die dem Ereignis des Auftretens dieses in seiner Identität erkannten Gegenstands im Gesichtsfeld des Beobachters zukommt." (WEISZACKER [3] pp. 347-348)). Ver também WEISZACKER, op. cit., itens 1.2.2 ("Messung der Information"), 1.2.3 ("Der Kalkül") e 1.2.4 ("Information als Form").

A quantidade de informação I de um sistema em um estado caracterizado por um conjunto de eventos E_1, E_2, \dots, E_n é dada pela esperança matemática das informações associadas a cada evento

$$I = - \sum_{i=1}^n P(E_i) \log_2 P(E_i)$$

(cf. PFEIFFER [7], pp. 40-43)

(4) PFEIFFER distingue informação potencial de informação ganha, identificando a primeira com a entropia, enquanto considera o ganho de informação como um processo anti-entrópico, ou seja, um processo ordenador. Tal processo tem início diante da ocorrência de um fenômeno inesperado e inexplicável no contexto de um dado referencial teórico. Neste momento, são colocadas n diferentes hipóteses equiprováveis H_1, H_2, \dots, H_n , como candi-

datas à explicação do referido fenômeno. No decorrer do processo de ganho de informação, essas hipóteses são diferenciadas em termos de probabilidade de aceitação, até que uma única hipótese prevaleça e seja aceita como explicação do fenômeno. Assim, inicialmente teríamos: $P(H_1) = P(H_2) = \dots = P(H_n) = 1/n$, onde

$P(H_i)$ denota a probabilidade de aceitação da hipótese H_i . No

final do processo, teríamos $P(H_k) = 1$ e $P(H_i) = 0$ para $i \neq k$,

onde H_k denota a hipótese aceita. Nesse processo, as hipóteses

são sujeitas ao controle da observação. Tendo em vista a definição de entropia (ou informação potencial) aplicada às n hipóteses, temos:

$$S = (I)_{\text{pot}} = - \sum_{i=1}^n P(H_i) \log_2 P(H_i)$$

O processo teria início em um estado de entropia máxima ($S = (I)_{\text{pot}} = \log_2 n$) e tenderia a um estado de entropia nula ($S = (I)_{\text{pot}} = 0$). A informação ganha

$$I_{\text{ganha}} = S_{\text{max}} - S = (I_{\text{pot max}}) - I_{\text{pot}}$$

$$= \log_2 n + \sum_{i=1}^n P(H_i) \log_2 P(H_i)$$

tenderia a crescer, sendo nula no início do processo e crescendo até seu valor máximo ($(I_{\text{ganha max}}) = \log_2 n$) (cf. PFEIFFER [7], pp. 40-43).

O conceito de informação como anti-entropia não está entretanto isento de críticas: "Yet the fact that a physical constant such as the ergodic limit in a perfectly determined sequence may serve, in some circumstances, as an ordinal measure of subjective probability understood as a mental state has recently led to an unsuspected heresy. The heresy is to equate entropy with the "degree" of our ignorance or, what comes to the same thing, the so-called negentropy (i.e., negative entropy, which is Boltzmann's H - function) with the "amount" of our information. How our ignorance - a subjective element - can be a coordinate of a physical phenomena, like that expressed by the Entropy Law, is beyond the sheerest phantasy - at least beyond my comprehension. One can only wonder whether there is a limit to the twistings of the ergodic theorem." (cf. GEORGESCU-ROEGEN [5], pp. 162-163).

Diante do debate em torno do papel da informação como agente anti-entrópico, colocam-se as questões:

- Pode a informação ser considerada uma grandeza cujo incremento contribui para o decréscimo da entropia, ao menos em enclaves espacial e temporalmente delimitados?

- Sobre que critérios, teóricos e experimentais, fundamentar a resposta à primeira questão?

A resposta da Biologia Molecular e da Genética à primeira questão é afirmativa e baseada em critérios teóricos e experimentais (vide Notas 5 e 6 a seguir). A nível tecnológico e sócio-político, uma resposta afirmativa à primeira questão equivaleria a dizer que a informação pode contribuir para refrear a degeneração de energia disponível em calor, ou seja, para melhorar a qualidade dessa energia disponível, com repercussões sobre a qualidade de vida e o meio ambiente. Nesse sentido, a informação teria um potencial ordenador fundamental na otimização do uso de energia.

(5) Sobre a vida como manifestação do crescimento da informação e o papel da teoria da informação na Genética, ver SAGAN [8], Capítulo 11 ("A Persistência da Memória").

Ver também LEHNINGER [9], V.4 ("Replicação, Transcrição e Tradução da Informação Genética").

(6) Para um aprofundamento, ver PRIGOGINE e STENGERS [4],

capítulos 5 ("Les trois stades de la thermodynamique ") e 6 ("L'ordre par fluctuation").

O conceito de estrutura dissipativa é suficientemente amplo para abranger desde células até organismos vivos, desde comunidades e sociedades até astros, sistemas planetários e galáxias (Cf. JANSICH [10], pp.115-120). Entretanto, se buscarmos no conhecimento científico de que dispomos até o momento a estrutura dissipativa de maior potencial auto-organizante, talvez não precisemos observar o mundo micro ou macroscópico, mas devamos nos observar a nós próprios: o sistema nervoso central humano é o sistema auto-organizante por excelência. (Cf. PFEIFFER [7], p.41).

CAPÍTULO III

TRABALHO HUMANO, TECNOLOGIA E USO DA ENERGIA

III.1. O TRABALHO NA COMUNIDADE PRIMITIVA E SEU SIGNIFICADO MÍTICO

O homem é um ser caracterizado por uma inadaptação radical ao meio ambiente e uma abertura para o mundo que o diferenciam das outras espécies vivas. O homem, para sobreviver como indivíduo e como espécie, é obrigado a mediatizar sua relação com o meio ambiente, construindo na cultura uma segunda natureza, seu habitat. Desde suas origens, ele depende de uma atitude de curiosidade diante do mundo, que conduz a um comportamento caracterizado por um "ativo tatear" do ambiente ao seu redor, e a um estado de permanente receptividade aos fenômenos inesperados, que potencializam sua capacidade inata de cognição. Tais

procedimentos e atitudes sofrem processos de rotinização e ritualização que tendem a transformá-los em um sistema de hábitos estabilizados, desde as culturas denominadas mais primitivas.

Todo esse processo de formação de representações mentais e de atitudes é indissociável de uma permanente interferência sobre a Natureza, realizada como busca de alterações em sua estrutura que possibilitem maior chance de sobrevivência do indivíduo e da espécie. A carência de meios de adaptação em sua estrutura de impulsos instintivos faz com que o homem, ao adaptar-se à Natureza, necessariamente a adapte a si.

O trabalho humano não guarda relação de dependência direta com os insumos energéticos consumidos; essa relação se dá de forma indireta, mediatizada pela informação passível de instrumentalização em cada contexto. No homem, a relação entre insumos e produtos energéticos é função da cultura e deve ser compreendida como um aspecto da História das Civilizações e da Cultura.

O trabalho humano associa-se à informação técnica e culturalmente instrumentalizável, à medida que quantidades crescentes de matéria e energia são mobilizadas. Essa mobilização depende da capacidade humana de alterar a distribuição espaço-material existente na Natureza, forçando a ocorrência de configurações no interior das quais o curso mais provável dos fenômenos seja aquele desejado, de acordo com um plano preestabelecido. A Natureza ao redor do homem é assim levada a assumir uma forma pré concebida, que serve como um balizamento para a traje-

tória "natural" dos fenômenos. Qualquer artefato, primitivo ou moderno, é nesse sentido a materialização de uma tentativa humana de criar um elemento mediador entre os anseios humanos e a Natureza. Nesse sentido, tais artefatos são compreendidos como representações da tecnologia em diferentes contextos sócio-culturais.

Entre as comunidades humanas primitivas, a construção e o uso de artefatos são subordinados a toda uma concepção das relações entre o homem e o Cosmos, de tal forma que o trabalho não é identificado em separado do restante da vida, e o processo de trabalho é parte da rede de atitudes físicas e mentais do homem diante do mundo. A criação de situações que favoreçam um determinado comportamento da Natureza é um ato de fundamento mítico-religioso, quer seja essa situação concretizada em um artefato, um alimento, uma dança ou uma caçada. Com esse ato, a Natureza é convidada a desviar seu curso, alterar sua vontade, assumir um certo comportamento. A realização de trabalho humano tem aí valor intrínseco como reafirmação do lugar ocupado pelo indivíduo e pelo grupo no mundo e da coesão grupal. A modificação de um processo de caça, por exemplo, pode ter o significado de alterar as relações entre o homem e o Cosmos. O valor essencialmente subjetivo do trabalho impossibilita sua mensuração objetiva e impede que a busca de métodos que abreviem o tempo dedicado ao trabalho seja colocada como finalidade diretiva do processo de ganho de conhecimento técnico nessas culturas. O ritual do trabalho requer tempo de preparação e iniciação, e preocupação estética; seu conteúdo místico deve ser vivenciado. A preocupação direcionada para a redução do tempo de trabalho é impensável

dentro dessa racionalidade (1). Neste contexto, em que a Humanidade vive fortemente vinculada à Natureza através do imaginário mítico primitivo, a conquista do controle sobre o fogo no Paleolítico constitui um primeiro momento decisivo para a trajetória futura da espécie, abrindo caminho para o domínio de outras fontes de recursos energéticos e materiais e provocando uma diferenciação irreversível com relação às demais espécies, no que diz respeito às chances de sobrevivência em diferentes meios e ao poder de auto-defesa e agressão.

III.2. ENERGIA ANIMAL, MÁQUINAS SIMPLES E TRABALHO HUMANO NO ORDENAMENTO SOCIAL DA ANTIGUIDADE

Com as transformações técnicas e culturais que, em diferentes períodos e locais, são identificadas com a Revolução Agrícola do Neolítico e a correspondente passagem da vida nômade à vida sedentária, intensifica-se a alteração da forma do mundo pela ação do homem, levando às primeiras transfigurações de áreas significativas do planeta: as comunidades neolíticas, à medida que se sedentizam, abrem os primeiros enclaves humanos espacialmente estáveis na Natureza e provocam alterações ecológicas, tais como nunca outra espécie provocara. A expansão dessas áreas artificialmente criadas é sua crescente estabilização em face das perturbações naturais, conjuntamente com o crescimento e a aglutinação das populações humanas, culmina com a

Revolução Urbana e o Início da Civilização.

A domesticação de animais no Neolítico representou uma multiplicação nos recursos energéticos disponíveis, mas não por um fator significativo: a potência de bois e cavalos limitava o poder do homem de irrigar, cultivar, sobreviver e agredir. Entretanto, é significativo o fato de que os requisitos energéticos do cavalo e do boi não eram conflitantes com os requisitos alimentares da espécie humana. A par do uso de energia animal, é também significativa para a potencialização do trabalho humano no Neolítico a invenção das chamadas máquinas simples (alavancas, planos inclinados, polias).

Nas civilizações antigas do Oriente, constituídas em estados despóticos de direito divino (2), a organização do trabalho se subordina à organização social ditada pelas manifestações socialmente reconhecidas da vontade divina. O regime de exploração da terra passa a ser planejado e coordenado de forma a propiciar a formação de estoques socialmente significativos e compatíveis com uma divisão social do trabalho. Pode-se mesmo identificar no registro histórico prenúncios de uma futura transformação global da superfície do planeta, tal como na expressão bíblica "crescei e multiplicai-vos, ocupai a Terra e submetei-a." (Cf. Gênesis, I, 28).

Nas sociedades mercantis escravistas da Antiguidade (3) o trabalho manual, executado sob as ordens de alguém ou objetivando a comercialização do produto, foi considerado atividade degradante. No grego clássico, "ponos" (trabalho) é a raiz da

qual se derivam as palavras correspondentes a "dor" e "punição". Sendo o trabalho, enquanto infâmia e punição, o fundamento da existência do escravo, e sendo esta indissociável da cosmovisão clássica, a busca de artifícios para redução e substituição do trabalho não foi colocada como objetivo diretivo nessas sociedades. Os artefatos mecânicos da Antiguidade Clássica, tais como a famosa esfera de Aeolus de Heron de Alexandria, foram criados com objetivos lúdicos e não foram instrumentalizados na produção de bens necessários à sobrevivência, não tanto em função de dificuldades técnicas, mas principalmente por razões culturais - a progressiva substituição do trabalho escravo por mecanismos semi-automáticos colidiria com o ordenamento social e cósmico clássico.

No pensamento clássico grego, não foi reconhecida importância teórica no ato experimental: o ganho de conhecimento científico fundamentou-se na observação, no ato cognitivo lógico-dedutivo e no controle da crítica, sendo assim independente do ato experimental como fonte de evidências potencialmente corroboradoras ou falsificadoras de teorias. O aparato técnico disponível não foi funcional ao desenvolvimento do conhecimento; essa dissociação funcional é evidente no distanciamento entre os processos de ganho de conhecimento científico e técnico-produtivo (4).

Recursos hídricos para irrigação, bem como a exploração de desníveis naturais nos cursos de água eram conhecidos na Antiguidade: o moinho de água horizontal surge no Ocidente por volta do século I A.C., com uma potência da ordem de 0,3 kw. Já

no século IV D. C. o moinho de água vertical era utilizado com cerca de 2 kw de potência. A principal aplicação para ambas as forças motrizes era a moagem de grãos (5).

III.3. FORÇAS MOTRIZES PRÉ-INDUSTRIAIS E CONCEPÇÃO DO TRABALHO NO MUNDO MEDIEVAL

A civilização ocidental moderna foi formada decisivamente pela cultura grega - mas não em suas atitudes com relação à esfera da Economia e do trabalho, que são derivadas mais nitidamente da tradição judaico-cristã. Embora os cristãos primitivos tenham questionado a base ética da escravidão e promovido a idéia do trabalho digno, livre e auto-suficiente do pensamento estóico, com São Paulo a ética judaica do trabalho é introduzida na cristandade primitiva. No século VI, São Bento de Núrcia coloca o trabalho como meio de atingir a graça, e a ociosidade como inimiga da alma. A Ordem dos Beneditinos é um marco importante no Ocidente da institucionalização do trabalho coletivo regulado por uma medida objetiva do tempo: a sequência das diversas formas de trabalho e oração, bem como o repouso, tiveram aí um ritmo ditado pela duração de orações específicas proferidas como formas de registro contínuo do tempo. Este método foi posteriormente substituído pela introdução do relógio mecânico nos mosteiros.

Na sociedade laica medieval, o trabalho remunerado foi indicador de miséria e evidenciava à comunidade a existência dos que não tinham inserção na economia feudal. Aqueles que a sociedade medieval reconhecia como seus membros podiam encontrar formas de servidão, tutela e abrigo em sua estrutura, essencialmente moldada pelas instituições da Igreja Católica. O recurso ao trabalho remunerado caracteriza nessa ordem o destituído, aquele que não tem acolhida na caridade cristã.

A concepção medieval do trabalho é subordinada a um rígido ordenamento social que encontra sua justificação na crença de que o mundo é um Cosmos, uma totalidade ordenada conforme um plano, um conjunto que se move continuamente segundo leis e eternas, referenciadas a Deus como seu princípio e fim. Os estratos sociais são antes situações vitais e espirituais que econômicas, estabelecidas pela providência divina; assim, não se pode conceber sem rebeldia a idéia de fazer do trabalho um instrumento de elevação social. Inserido em um ordenamento cósmico que o transcende, o trabalho humano permanece tendo valor preponderantemente subjetivo, e a impossibilidade de sua objetivação é um aspecto da subordinação da Economia à ética e desta à Religião.

A Idade Média e a Renascença são ricas em invenções técnicas e científicas que se materializam em um estoque de aparatos não imediatamente instrumentalizados na produção de bens, ou seja, na substituição do trabalho humano. Entre tais invenções, algumas podem ser consideradas "radicais" (6), pois corresponderam a mudanças profundas na estrutura espaço-temporal do

mundo civilizado e a uma alteração tanto no meio ambiente como do interior do homem: os aparelhos óticos, a imprensa e o relógio mecânico.

N. Wiener assim descreve a importância de tais invenções:

"The thought of every age is reflected in its technique. The civil engineers of ancient days were land surveyors, astronomers, and navigators; those of the seventeenth and early eighteenth centuries were clockmakers and grinders of lenses. As in ancient times, the craftsmen made their tools in the image of the heavens. A watch is nothing but a pocket orrery, moving by necessity as do the celestial spheres; and if friction and the dissipation of energy play a role in it, they are effects to be overcome, so that the resulting motion of the hands may be as periodic and regular as possible. The chief technical result of this engineering after the model of Huyghens and Newton was the age of navigation, in which for the first time it was possible to compute longitudes with a respectable precision, and to convert the commerce of the great oceans from a thing of chance and adventure to a regular understood business. It is the engineering of the mercantilists." (WIENER [11], p. 38).

As tecnologias desse período aplicadas à substituição do trabalho humano são aprimoramentos do moinho, não se caracterizando o surgimento de invenções radicais nos aparatos de conversão de energia.

O moinho de vento surge na Europa Ocidental no século XII, aplicado à moagem de grãos, extração de cargas de minas no subsolo e bombeamento de água. Apresenta potência considerável, atingindo os 10 kw, embora sua principal desvantagem seja a operação intermitente. Já na altura do século XVI o moinho a água era a força motriz predominante na Europa Ocidental. Por volta do século XVII sua potência de saída já atingia níveis significativos: os sistemas hidráulicos de Marly-la-Machine em Versailles tinham uma potência estimada em cerca de 50 kw.

III.4. A MÁQUINA A VAPOR: TRABALHO MECÂNICO E A NOVA ÉTICA DO TRABALHO

O uso de energia para aquecimento data da conquista do controle sobre o fogo. O aproveitamento de recursos energéticos outros que o calor para produção de trabalho data da Revolução Neolítica, com a domesticação de animais, e intensifica-se com os moinhos a vento e a água na Antiguidade, Idade Média e Renascença. A Esfera de Aeolus de Heron de Alexandria (uma turbina a vapor em escala de brinquedo) e outros autômatos hidráulico-pneumático-mecânicos da Antiguidade e da Idade Média eram dispositivos de conversão de energia construídos com objetivos lúdicos e estéticos, tais como o teatro de autômatos e os chafarizes, e não para a substituição do trabalho humano.

Somente no século XVII o calor foi utilizado para produzir trabalho mecânico aproveitável para a substituição do esforço humano e das demais fontes disponíveis de energia (animal, eólica, hidráulica): a bomba a vapor de Thomas Savery era um dispositivo sem pistão que usava o vácuo do vapor condensado para bombear água, com uma potência de saída de 0,75 kw. No início do século XVIII máquinas a vapor usando pistões móveis desenvolviam potências de vários kw.

A máquina a vapor foi a primeira força motriz de fonte calorífica a propiciar movimento útil. Neste sentido, ela é o principal instrumento de "domesticação" do calor desde a conquista do controle sobre o fogo no Paleolítico. Essa possibilidade de controle permanece entretanto somente parcial na máquina a vapor bem como em todas as demais máquinas térmicas que lhe sucedem, uma vez que, ao operar com base no diferencial de temperatura entre dois corpos, é próprio do ciclo das máquinas térmicas (ou ciclo de Carnot) a inevitável perda e dispersão de parte do calor para o meio ambiente, expresso na conhecida equação de Carnot para o rendimento .

Decorre ainda um certo tempo entre o surgimento da máquina a vapor e sua inserção como instrumento da produção. O impulso energético originário da Revolução Industrial está nos moinhos a água e a vento e a localização dos centros industriais e cidades foi primordialmente determinada pela disponibilidade dessas fontes de energia. A máquina a vapor insere-se no mundo da produção industrial como auxiliar do moinho a água! aqui, ela se aplica ao bombeamento de água a altura suficiente para aumentar a potência do moinho. Somente em meados do século XIX a máquina a vapor torna-se a principal força motriz do mundo ocidental.

A máquina a vapor pode ser considerada a invenção radical característica da Revolução Industrial. Nela, são incorporados tanto os mecanismos de transmissão e controle de movimento regular e contínuo do relógio mecânico como também os princípios termodinâmicos intuídos desde Heron de Alexandria. A potencia-

lização do montante de energia aplicável à produção associa-se agora a possibilidade e a intenção de se impor um ritmo mais perfeitamente regular e previsível ao processo de trabalho, o qual se autonomiza decisivamente de sua motivação subjetiva. Da máquina a vapor de S. Watt até à primeira metade deste século, os problemas fundamentais da Engenharia eram centrados no estudo da transformação e transmissão da energia, sendo frutos desse esforço técnico a turbina a água, os motores de combustão interna, a turbina a vapor, a turbina a gás e os foguetes a combustível líquido: "To the merchant succeeded the manufacturer, and to the chronometer, the steam engine. From the Newcomen engine almost to the present time, the central field of engineering has been the study of prime movers." (WIENER [11]).

Se nas sociedades pré-industriais o uso de autômatos como substitutivos do trabalho humano é tecnicamente possível mas culturalmente vetado, na civilização industrial uma nova cosmovisão permite remover este último impedimento. Assim, a partir da Reforma, uma nova ética do trabalho, dissociada de um compromisso com a preservação de uma relação de harmonia entre Homem e Natureza e calcada na cisão cartesiana entre "res-cogitans" e "res extensa" e na concepção do Homem como sujeito, mestre e possuidor da Natureza-objeto, é incorporada à cosmovisão das sociedades proto-industriais. A objetivação da esfera do trabalho tem como corolário o imperativo de sua mensuração objetiva, por meio do tempo e do valor econômico de troca do produto. Assim, o trabalho humano regulado continuamente por uma medida objetiva do tempo transpõe as fronteiras dos mosteiros e é incorporado à vida cotidiana da sociedade laica (7).

A Revolução Industrial é o tempo de uma redefinição da identidade cultural da espécie humana, correspondente a uma profunda alteração das concepções de tempo e espaço e das relações entre Homem e Natureza, cuja finalidade última passa a ser o incremento da produção de bens a partir de recursos naturais - materiais e energéticos - considerados sempre disponíveis: a mobilização de matéria e energia na produção industrial não tem limites na esfera ético-religiosa. De todo esse processo de radical transformação, o modo e intensidade do uso de energia constitui-se em aspecto exemplar para reflexão (8).

Em toda a História da Humanidade pré-industrial, a vida cotidiana tinha como fonte energética a radiação solar que chega à superfície do planeta e é usada, por assim dizer, em "tempo real": a energia muscular humana e animal, os ventos, os cursos de água são exemplos de fontes energéticas dependentes da radiação solar recente. Desta forma, nas sociedades pré-industriais a taxa de uso da energia necessariamente acompanhou o ritmo com que a energia solar atinge o planeta e é acumulada nos ciclos sazonais das marés, das correntes marítimas, dos ventos, das enchentes e vazantes dos rios. A instrumentalização da energia na produção, subordinando-se aos ciclos do fluxo energético da Natureza, é, ela própria, também sazonal (9).

A máquina a vapor é, nesse sentido também, uma invenção radical, pois sua fonte energética, a combustão, embora seja em última instância dependente também da radiação solar, promove uma quebra na subordinação do uso da energia à sazonalidade natural. Na combustão ocorre uma liberação, em curto espaço de

tempo, de energia lentamente acumulada no combustível e no comburente, significando assim uma súbita aceleração no ritmo de uso da energia. Enquanto nas sociedades pré-industriais este é associado a um acompanhar dos fluxos naturais da energia, com a máquina a vapor extrai-se a energia livre de uma reação química exotérmica, a qual é parcialmente transformada em trabalho mecânico regular e contínuo e parcialmente desperdiçada na forma de calor. Pode-se extrair desse processo dois significados importantes. O primeiro é o de que o uso de combustíveis fósseis (tais como petróleo e carvão vegetal) implica na extração e uso, em estreito intervalo de tempo, de um estoque energético acumulado por milhões de anos. Daí a redução dos estoques, não só de combustível mas também de comburente, está essencial à vida em todas as suas formas (10). O segundo significado é talvez menos perceptível e contribui para acentuar os riscos já implícitos no primeiro. Ao transformar subitamente grandes estoques energéticos de construção natural muito lenta no movimento regular, repetitivo e contínuo das máquinas, equipamentos e veículos da sociedade industrial, a queima de combustíveis fósseis enseja o surgimento de um ritmo novo, nos fluxos energéticos do mundo industrial, o qual se acelera, distanciando-se do ritmo natural desses fluxos, porém possibilitando aos seres humanos a impressão de que este novo ritmo é o natural da vida cotidiana. As gerações nascidas e criadas no contexto desse processo acelerado de distanciamento da Natureza acostumam-se a este estado de instabilidade, o que dificulta a tomada de consciência sobre os riscos a ele inerentes.

O desenvolvimento de máquinas de alta potência torna-se

importante a partir de século XVIII: mesmo não se considerando a importância da tecnologia nuclear, nos últimos tres séculos a potência de saída média dos aparatos de conversão de energia cresceu da ordem de 100000 vezes. A maior parte desse crescimento ocorreu no século passado, e portanto seus impactos são muito recentes e tipicamente associados a características do mundo técnico e industrial do século XX, tais como a industrialização em escala planetária, o processo de urbanização, a pesquisa espacial e as guerras mundiais.

A máquina a vapor pode usar qualquer fonte de calor. Foi desenvolvida em portes que vão desde brinquedos de criança até 20 MW (cerca de 1870), e adaptada a pressões de até 200 psi (1,4 MPa). Atingiu seu apogeu no século XIX como força motriz para serviços estacionários tais como guindastes, moinhos, estações de bombeamento, unidades de compressão de ar e refrigeração, máquinas ferramentas e geradores elétricos.

Fora do contexto da produção industrial, a mais marcante aplicação da máquina a vapor foi na propulsão de navios de pequeno e grande porte, na marinha de guerra e na marinha mercante, bem como na forma da locomotiva a vapor, fazendo das estradas de ferro o meio por excelência do transporte terrestre da Revolução Industrial. A adaptabilidade para serviços de transporte deve-se ao desenvolvimento de torque pleno a qualquer velocidade, à variabilidade de velocidade sob controle do operador, bem como a sua reversibilidade, flexibilidade e confiabilidade. Mesmo após seu apogeu e declínio, a máquina a vapor permanece indissolúvelmente ligada ao modo de pensar e de fazer do

mundo da produção industrial, sendo a maioria dos elementos mecânicos de máquinas hoje conhecidos originária dela: cilindros, pistões, engrenagens, manivelas, etc.

O século XX assistiu o declínio da máquina a vapor. A turbina a vapor, com maior porte (1 GW) e maior pressão (2000 a 5000 psi ou 14 a 34 MPa), maior velocidade, maior temperatura máxima de vapor e maior intensidade de vácuo propiciou melhorias em peso, capacidade, eficiência e custos e suplantou a máquina a vapor como principal força motriz, em especial nas estações de geração de energia elétrica.

O motor de combustão interna, em especial para veículos automotores de alta velocidade que queimam combustíveis líquidos voláteis (ciclo Otto) ou não voláteis (ciclo Diesel), oferecem uma força motriz auto-contida, leve, flexível, de pequeno porte, com alta eficiência térmica, que suplantou a máquina a vapor na propulsão de locomotivas e navios, alcançando potências de até 5 MW. O motor de combustão interna é também o coração da indústria automobilística, que produz cerca de 10000000 veículos anualmente, com potência inferior a 1 khp.

Devido ao peso e limitações de velocidade, a máquina a vapor foi excluída da aviação, que se tornou campo exclusivo da turbina a gás (até 20 MW).

III.5. RECURSOS ENERGÉTICOS ILIMITADOS?

O uso da energia atômica constitui-se na ruptura mais radical da dependência do trabalho humano com relação à energia solar, superando os limites impostos pela dimensão das reservas conhecidas de combustíveis fósseis. Em que pese os custos relativamente maiores, o ponto aqui decisivo é que o homem passa a imitar o processo de liberação de energia que se realiza no Sol, para seu próprio uso. Enquanto a queima de combustíveis implica o rearranjo químico dos elementos, as reações termonucleares não só modificam a estrutura intra-atômica, mas implicam na transformação de matéria em energia livre. Abrem-se aqui perspectivas de exploração da Terra e do espaço próximo, praticamente ilimitada por recursos energéticos.

Entretanto, se a oferta do material necessário à produção desse tipo de energia é para todos os efeitos ilimitada (11) cabe aqui mencionar ainda a existência de limites ecológicos ao seu uso.

Um primeiro limitante ecológico de importância diz respeito ao legado do "lixo atômico", que coloca uma questão de responsabilidade diante das gerações futuras: o plutônio 239, por exemplo, uma das substâncias mais nocivas à saúde pelo poder

ionizador de sua radiação, é sub-produto dos reatores nucleares regeneradores e tem uma meia vida de 24400 anos. Sua combinação em compostos não voláteis, seu acondicionamento em recipientes isolantes e o destino a ser dado a tais recipientes são medidas e providências que refletem a ameaça constante de sua disseminação pelo meio ambiente.

"We have entered into a Faustian bargain whereby we are given an unlimited energy source in return for a pledge of eternal vigilance." (EDSALL (1974), citado por HOLLISTER e PORTEOUS [12], p. 77).

Um segundo limitante ecológico diz respeito a restrições de caráter termodinâmico. As reações termonucleares requerem a utilização de máquinas térmicas (turbinas) para conversão do calor liberado em trabalho útil. À medida que as usinas nucleares se proliferam, cresce a quantidade de calor inevitavelmente liberada no meio ambiente, o qual somente de forma parcial poderá ser reconvertido em energia livre, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica. Assim, com o aumento da geração de energia nos reatores, crescerá também a entropia do sistema. Ignorar a existência desta limitação corresponderia a admitir a possibilidade de existência de um sistema de controle equivalente a um moto contínuo de segunda espécie.

Com as aplicações da Eletrônica ao controle da produção e dos armamentos, os aparatos técnicos passam a requerer quantidades decrescentes de energia humana para sua operação, liberando quantidades crescentes de energia. - Nos animais e plantas, a

energia utilizada é limitada pela ingestão calórica e radiação solar direta, sendo o mesmo ainda válido para os homínídeos desprovidos de controle sobre o fogo (12). Na sociedade industrial moderna, o estoque de informação e conhecimento materializado nos aparatos técnicos permite que uma usina, uma planta industrial ou um explosivo nuclear seja acionado por intermédio de simples digitação em um teclado. Impõe-se assim uma tendência crescente à relação entre energia liberada e energia humana necessária. Os sistemas produtivos ou destrutivos automatizados de alta potência são servomecanismos comandados por sinais de baixa energia e o avanço da nova indústria da Informática está em relação direta com a instrumentalização do progresso técnico a serviço da produção industrial, provocando um incremento súbito na relação entre o "output" energético dos sistemas produtivos e destrutivos e o "input" de energia humana necessária para acioná-los (13).

A Informática emerge na sociedade industrial como instrumento de controle sobre estruturas produtivas e destrutivas, o que tem o significado de um profundo impasse a nível ético. Diversos autores identificam nela a possibilidade de maior controle sobre as quantidades de energia liberada na sociedade industrial. De instrumento de controle, a Informática passa entretanto a abranger as atividades de gerência, tomada de decisões, análise e projecção. Todos esses fatores levam alguns autores a considerá-la como a nova base técnica da sociedade, enquanto outros apontam a Biotecnologia como portadora desse papel (14).

Os riscos ecológicos e sociais inerentes ao processo

descrito anteriormente levam alguns autores (entre outros, ILLICH [13], [14]) a propor uma ruptura radical com os valores a ele inerentes, e em particular com a idéia de que o aumento da relação entre energia liberada e energia humana necessária é ao mesmo tempo inevitável e desejável. Segundo tais autores, somente com essa ruptura e com a colocação da ética como controladora autônoma do poder, poderão os cidadãos participar da decisão e controle sobre o modo e a intensidade de uso de energia. O impasse somente se resolveria a nível ético-valorativo e não meramente através da aplicação de novas tecnologias que se inserem na produção, distribuição e consumo, tendo como parâmetros de avaliação a viabilidade técnica e econômica. A liberação e uso mais ordenado e austero da energia, um declínio consciente nos níveis de consumo de bens e serviços e na própria produtividade e um tratamento ético da informação como elemento potencialmente organizador do contexto social, estão entre as propostas concretas desses autores, as quais passam também a integrar o projeto político de setores significativos de sociedades avançadas, em particular na Europa (15).

As possibilidades e recursos para controle do processo entrópico inerente ao incremento do uso de energia na sociedade moderna são portanto objeto de debate e de proposições que partem de diferentes enfoques. Entretanto, essencialmente, podem ser identificadas duas correntes de pensamento. A primeira busca novos recursos tecnológicos e gerenciais para controlar o referido processo, considerado inevitável; a segunda propõe a reversão do processo em direção a níveis menores de consumo e produção, podendo-se caracterizá-la como de "austeridade responsável".

vel". Em realidade nada impede que se busque uma terceira alternativa, que seria uma conjugação das duas: uma redução no crescimento da produção e do consumo, tendo em vista os limites termodinâmicos, ecológicos e de recursos naturais, e a pesquisa, desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que permitam otimizar a alocação, controle e uso de recursos energéticos. A tecnologia da informação e das comunicações emerge aqui como potencialmente capaz de contribuir nesse sentido, tal como reconhecido por diversos autores em Termodinâmica e Teoria Geral de Sistemas (WIENER [11], TRIBUS e McIRVINE [15]).

Um aspecto de particular interesse neste contexto diz respeito ao surgimento de diferentes meios de comunicação em paralelo à conquista das técnicas que possibilitaram a extração e uso de crescentes estoques de energia. Assim, o controle do fogo e o surgimento da linguagem; a máquina a vapor e a imprensa; o transporte ferroviário e o telégrafo; a energia nuclear, as telecomunicações e a informática. Seria a evolução das comunicações necessária ao controle social de novas fontes energéticas? Os domínios sobre energia e informação devem ser sempre conjugados, de tal forma que a estabilização da síntese social necessariamente requer ambos? Seria possível e desejável um incremento das comunicações paralelo a uma estabilização ou decréscimo no uso de energia? A sociedade moderna não poderia ser caracterizada como carente em comunicação e intensiva em uso de energia, justamente ao contrário da sociedade clássica e das sociedades primitivas? A Idade Média não representaria o longo período de transição (restringem-se as comunicações, que se "feudalizam", gestam-se imensas potencialidades energéticas que

irão eclodir na Revolução Industrial)? De todas essas questões, o que parece ser um prognóstico confiável é que o incremento no uso de energia é inviável sem que haja um aprimoramento na eficiência, confiabilidade e velocidade das comunicações. Trata-se aqui simplesmente da expressão de uma condição necessária, que pode entretanto não ser suficiente, para assegurar a coexistência pacífica diante de potencialidades energéticas praticamente ilimitadas.

O desenvolvimento simultâneo das tecnologias da informação, da comunicação e da energia ocorre sistematicamente desde os primeiros homínídeos, de tal forma que o avanço de uma delas corresponde sempre ao avanço da outra, culminando no impasse contemporâneo caracterizado pelo desenvolvimento acelerado e a aplicação simultânea de ambas as tecnologias ao esforço bélico das grandes potências. Assim, se a energia nuclear possibilita o poder de destruição mais perfeito que o homem já alcançou, a telemática é o recurso moderno de monitoramento e controle sobre os arsenais nucleares, que tem por objetivo último não somente manipular os meios de agressão, mas também - e principalmente - alijar o adversário da capacidade de retaliação, a chamada "second strike capability", e assim alcançar o poder total de domínio e destruição: "A ocorrência da terceira guerra mundial é provável. Pois a capacidade de retaliação, que estabilisa atualmente a capacidade de intimidação mútua, torna-se sempre obsoleta; a intimidação não é estabilizada ilimitadamente a nível técnico. Pode chegar o dia em que esta guerra poderá ser ganha e este pode ser o dia em que ela começará."

“Der dritte Weltkrieg ist wahrscheinlich. Denn die Zweitschlagskapazitäten, die heute die gegenseitige Abschreckung stabilisieren, veralten immer wieder; die Abschreckung ist technisch nicht unbegrenzt stabilisiert. Der Tag konnte kommen, an dem dieser Krieg gewonnen werden konnte, und das konnte der Tag sein, an dem er begonnen wurde.” (WEISZACKER [16], p. 49, citado em SONNTAG [17]).

O papel da telemática no contexto desse equilíbrio precário não deve ser subestimado: “A eficácia de ataques armados não é fácil de se avaliar. O progresso técnico no campo dos sistemas de comando, controle e comunicações exige sempre uma nova avaliação e dificulta um controle político dos armamentos.”

“Die Wirksamkeit von Entwaffnungsschlagen ist nicht leicht einzuschätzen. Der technische Fortschritt auf dem Gebiet der C3 (command, control and communications) - Systeme macht eine immer neue Einschätzung notwendig und erschwert eine politische Rüstungskontrolle.” (SONNTAG [17]).

O plano de militarização do espaço através da pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias no campo da informática, das telecomunicações e do “laser” conhecido como “Strategic Defense Initiative” (SDI) corresponde a um estímulo vigoroso à pesquisa tecnológica precisamente na medida em que pressupõe e viabiliza uma maior militarização da atividade de pesquisa em seus objetivos e métodos, com repercussões sobre a formação e a carreira de cientistas e tecnólogos. Uma tecnificação do processo de formação das novas gerações, orientada pelo estímulo à

competição e ao conflito, é cada vez mais evidente. A sociedade moderna aproxima-se assim perigosamente dos moldes de um estado militarista de fundamento técnico-científico, onde aos cidadãos é oferecida a alternativa de se resignarem ao consumo de bens materiais e à competição por prestígio e poder nos limites dos valores socialmente aceitos. (16)

Ao estágio atingido pela tecnologia da informação e da comunicação em nossos dias corresponde paradoxalmente o risco de crescimento explosivo da entropia nos ecossistemas habitados pelo Homem. O crescimento da quantidade de informação armazenada e comunicada, desprovido de um correspondente aprimoramento semântico e de uma ampliação dos espaços convencionais, tende a excluir as experiências de aprendizado autônomo e responsável e a padronizar as formas de interpretação e entendimento, bem como as escolhas a nível estético e ético, comprometendo o entendimento entre as pessoas, comunidades, povos e nações. O tipo de conhecimento que pode contribuir para a busca de uma postura responsável diante de imensas disponibilidades de energia e informação tende a se restringir em nosso tempo. Poderá a sociedade da informação culminar em um estado de máxima entropia? (17).

Nas negociações em torno do controle sobre a ameaça de um conflito final é explícito o jogo de poder entre grupos humanos mediado pela mútua capacidade de agressão. Se os objetos e fenômenos contraditórios na Natureza, tais como pedaços de pedra e o fogo, foram os primeiros potencializadores dessa capacidade, hoje tal papel é desempenhado pelo moderno saber tecnológico de

manipulação sobre recursos energéticos e informacionais. O controle sobre energia e informação sempre foi essencial ao exercício do poder dos homens sobre a Natureza e sobre seus semelhantes.

A ameaça colocada pela instrumentalização conjunta da telemática e da energia nuclear em um conflito final entre as duas superpotências impõe a busca de novas formas de convivência, conjugadas a novos métodos, critérios e práticas de controle social e político sobre o poder tecnológico, como as tarefas prioritárias de nossos dias. Além do conhecimento científico e tecnológico indispensável à compreensão da visão de mundo moderna e da base técnica de nossa civilização, essa tarefa requer das gerações de hoje e do futuro a capacidade de posicionamento autônomo e crítico diante do referido poder tecnológico e de seus argumentos legitimadores. Assim, mais do que aprender Ciência e Tecnologia para nos adaptarmos aos ditames da competição tecnológica, precisamos aprender a questionar os valores que fundamentam essa competição, e aprender também a não subestimar os riscos de seus prováveis desdobramentos.

NOTAS

(1) Para G. Ramos, a inseparabilidade e coesão entre trabalho e cosmovisão fazem do homem primitivo um "ser total". Ver RAMOS [18]. Esta obra de G. Ramos constitui referência essencial para a elaboração deste capítulo, assim como BARTHOLO JR. [2], JONES [19] e MARTINS [20].

Para uma caracterização biológica e cultural das diversas espécies de homínidos bem como do homo sapiens paleolítico e neolítico ver LEAKEY e LEWIN [21] e em LEAKEY [22].

(2) Referimo-nos aqui ao modo civilizatório caracterizado por D. Ribeiro como "impérios teocráticos de regadio". (Cf. RIBEIRO [23], pp. 99-108).

(3) Nos termos de D. Ribeiro, trata-se aqui dos "impérios mercantis escravistas". (Cf. RIBEIRO [23], pp. 110-117).

(4) Ver a respeito BARTHOLO JR. e MARTINS [24].

(5) Para melhor apreciação da evolução das técnicas de uso de energia, vide STARR [25], BAUMEISTER [26], [27], [28], [29] e BAILY [30].

Convém mencionar que a FAO recomenda para o homem adulto um consumo energético alimentar de 3200 kcal/dia (o que equivale a 155 w). (Cf. BURTON [31]). Este valor pode ser tomado como um limitante superior para a capacidade humana de realizar trabalho utilizando apenas a força muscular. Já a utilização de bois e cavalos eleva essa potência para cerca de 700 w por animal.

(6) O conceito de invenções radicais, sua relação com as transformações na identidade cultural do homem, bem como uma caracterização da relevância da ótica, da imprensa, do relógio mecânico e da máquina a vapor na Revolução Industrial são desenvolvidos em BARTHOLO JR. [2]. Vide também proposição e fundamentação do conceito de "invenções radicais" em bases filosóficas e antropológicas em MUMFORD [32], pp. 284-287.

(7) Ver a respeito WEBER [33] e BARTHOLO JR. [2].

(8) Na elaboração da história das forças motrizes e das máquinas térmicas que se segue, foram essenciais as fontes já mencionadas na Nota (5).

(9) Obviamente, a energia utilizada pela espécie humana é parcela mínima do total proveniente da radiação solar.

Efetua-se aqui a eventual queima de combustíveis, tais como madeira e lenha. O ponto crucial é que, no caso das sociedades pré-industriais, tal queima era instrumento para geração de calor e não constituía fonte de energia para produção regular e contínua de trabalho mecânico. Explicitam-se aqui dois marcos distintivos entre o mundo pré e pós industrial, no que diz respeito ao uso de energia: no primeiro, a fonte energética última para produção de trabalho é a radiação solar recente e os combustíveis (tipicamente não fósseis) geram calor que não é transformado em trabalho; no segundo, a transformação de calor em trabalho é a essência das forças motrizes da produção e dos transportes. O carvão pode aqui ser considerado o combustível de transição entre esses dois paradigmas, pois é o primeiro combustível fóssil a ser utilizado, embora antes da máquina a vapor esse uso se restringisse à produção de calor sem conversão em trabalho mecânico.

Conforme mencionado anteriormente, são contemporâneos à Revolução Industrial alterações profundas nas concepções de tempo e espaço e nas relações Homem/Natureza. A própria concepção de "trabalho mecânico" como oposto a calor e o conceito de entropia como medida de qualidade de diversas formas de energia (em termos de maior ou menor aproveitamento para conversão em trabalho mecânico) são expressões de uma atitude controladora e manipuladora sobre a Natureza.

(10) O uso de combustíveis fósseis pode ser interpretado como uma retirada de estoque, ou uma descapitalização, enquanto o uso de energia solar e outras fontes renováveis tem o significado de aplicação de rendimentos periódicos. Aqui a distinção crucial está na capacidade de renovação de estoques, a qual é praticamente nula no primeiro caso, se comparada ao ritmo e porte das retiradas. Ver a respeito COOK [34].

(11) Com o advento dos reatores nucleares regeneradores, o uso de material radioativo para geração de energia passa a se caracterizar melhor como uma "retirada de rendimentos" do que como uma "descapitalização" de recursos naturais. (cf. Nota 10).

(12) Para uma estimativa de consumo energético per capita do ser humano, considerando-se necessidades metabólicas, atividade física, sexo e faixa de idade, a FAO recomenda para o homem adulto um valor de 3200 kcal/dia, ou seja, 0,11 TEP/ano ou 155 w (cf. BURTON [31]).

COOK [34] propõe estimativas para o consumo energético per capita em diferentes tipos de organização social e diferentes níveis tecnológicos, como a seguir (valores em kcal/dia)

	ALIMENTOS	CONSUMO		INDÚSTRIA E		TRANS- PORTES	TOTAL PER CAPITA
		RESIDENCIAL E COMERCIAL		AGRICULTURA			
		A	B	A	B		
II	2000	0	0	0	0	0	2000
III	3000	0	2000	0	0	0	5000
III	4000	0	4000	0	4000	0	12000
IV	6000	0	12000	0	7000	1000	26000
V	7000	0	32000	0	24000	14000	77000
VI	10000	36000	30000	20000	71000	63000	230000

I - Homem primitivo (África, 1.000.000 A.C., sem controle sobre o fogo).

II - Caçadores-colétores (Europa, 100.000 A.C.; controle sobre o fogo e armas rudimentares).

III - Agricultura primitiva (Oriente Médio, 10000 A. C. cultivo de cereais, pastoreio, energia animal).

IV - Agricultura feudal (carvão para aquecimento, moinhos para trabalho mecânico, transporte animal).

V - Revolução Industrial (máquina a vapor como força motriz da produção).

VI - Sociedade Moderna Industrial (estimativas referem-se a países mais intensivos em uso de energia (Canadá e EUA)).

A - Energia elétrica.

B - Energia não-elétrica.

A precisão de tais estimativas decresce à medida que se consideram épocas mais remotas; entretanto, para o homem neolítico é possível inferi-las a partir do estudo de comunidades atuais, tais como por exemplo em RAPPAPORT (1971). As estimativas devem ser comparadas com o consumo atual per capita estimado (em kcal/dia) na África (11300), China (14500), Oriente Médio (28500), América Latina (28700), Japão (95000), Europa Ocidental (101000), Oceania (107000), Europa Oriental (117000), URSS (125000), EUA (250000), Canadá (260000) e no mundo como um todo (45500), resultando em um consumo energético total de 6,123 GTEP/ano (cf. CRABBE et alii [35] - dados de 1975 e 1976).

É de se notar o ritmo acelerado de aumento na demanda per capita nos grupos humanos mais concentradores de energia; inicialmente, são necessários 1000000 de anos para que essa demanda duplique; ela volta a duplicar em 100000 anos e duplica novamente em cerca de 10000 anos. No limiar da Revolução Industrial, ela triplica em apenas 100 anos, e volta a triplicar em 100 anos. A Revolução Industrial marca assim um ponto de infle-

xão antes do qual há uma aceleração e a partir do qual há uma desaceleração na demanda de energia per capita, fato indicativo de dois fenômenos: crescimento populacional e exaustão das fontes de energia imediatamente disponíveis. Note-se também que na atualidade permanecem padrões de demanda energética do tipo neolítico (China e África), feudal (Oriente Médio), bem como padrões cuja difusão em escala planetária seria inviável: a disseminação do padrão norte-americano, por exemplo, implicaria em uma demanda total de 0,03 TTEP/ano, sendo as reservas conhecidas de carvão, petróleo e gás natural estimadas em 1 TTEP. (cf. CRABBE et alii [35] - dados de 1975).

(13) A relação "output"/"input" tende ao infinito com o advento da Tecnologia Nuclear e da Eletrônica. Trata-se aqui de um indicador essencialmente ilustrativo da capacidade humana de liberação e uso de estoques energéticos existentes na Natureza, um indicador de concentração de poder. Se considerarmos a relação entre a energia utilizada pelo Homem e os estoques energéticos consumidos nas sociedades desenvolvidas, medindo assim a eficiência energética do sistema sócio-técnico moderno, desde a energia potencial nos pontos iniciais de conversão até o trabalho realizado nos pontos de aplicação, chegaríamos a uma estimativa próxima a 50%. A eficiência econômica do sistema é bem menor, pois deveria incluir ainda o trabalho realizado para extrair, refinar e transportar combustíveis, para construção e operação das instalações de conversão e da rede de distribuição, para controle de resíduos e para controle ambiental. (Ver COOK [34]).

(14) J. Rifkin coloca a engenharia de processos dos organismos vivos como a nova base técnica da sociedade pós-industrial, em contraposição à base metalúrgica que preponderou desde a chamada Idade dos Metais. Com seu advento, encerrar-se-ia um período de cerca de 7000 anos da História da Técnica, que teve início quando as comunidades neolíticas buscaram aquecer componentes metálicos sólidos da crosta terrestre, conformando-os à produção de artefatos (Cf. RIFKIN [36]). Sobre os riscos inerentes à "industrialização da vida" implícitos na Biotecnologia, vide BARTHOLO JR. [37] e DAELE e KROHN [38].

(15) ILLICH argumenta que a quantidade de energia instrumentalizada atualmente pela espécie humana ultrapassa o limite até onde ela seria controlável e compatível com seu uso compartilhado e pacífico. O uso da energia além desse limite seria indissociável da concentração do poder político, das desigualdades no acesso às fontes energéticas e dos riscos de instrumentalização da energia em conflitos bélicos de abrangência imprevisível. O autor aponta para a perigosa dubiedade inerente à busca da "onipotência": a liberação ilimitada de energia corresponde, em um mesmo movimento, à produtividade infinita e à infinita capacidade de destruição. Lembrando os termos utilizados por ILLICH, a expressão "power corrupts" deve ser interpretada segundo seus dois significados na língua inglesa: o poder de dominar e controlar pessoas e a potência dos aparatos técnicos estão positivamente correlacionados entre si quanto mais os temos, mais queremos tê-los. (Cf. ILLICH [13]).

A dimensão do poder político associado ao domínio da energia atômica é ilustrado pela competição atual em busca do controle do processo de fusão nuclear. Se supusermos que 1% do volume total dos oceanos for utilizado como fonte de deutério, o processo de fusão nuclear controlada permitirá a liberação de energia equivalente a 5000000 de vezes as reservas iniciais de petróleo e carvão. A dimensão desse estoque de energia é indissociável do acesso ao poder geopolítico (mais apropriadamente, "cosmopolítico") e torna irrelevante a discussão a respeito de se os fins da sua utilização são pacíficos ou não. (Cf. HOLISTER e PORTEOUS [12], p. 175).

Sobre a necessidade de se estabelecerem critérios de controle sobre o "laissez-faire" tecnológico vide BARTHOLO JR. [2].

(16) Para um aprofundamento, ver BARR [39], SONNTAG [17], HAFÉLE [40], AFHELDT [41], PARNAS [42], GROZINGER [43], FUSS [44], AFHELDT [45], WELZK [46].

(17) As potencialidades das novas tecnologias da telemática e da energia nuclear representam no contexto geopolítico moderno um duplo papel, mediante o qual se colocam disponibilidades ilimitadas de expansão das fronteiras do conhecimento humano, ao mesmo tempo que se colocam riscos concretos de perda ou desaparecimento desse conhecimento, seja pela trivialização e massificação da experiência e do aprendizado ou pela destruição física, parcial ou total, das formas concretas de armazenamento e transmissão dessa experiência. As bibliotecas, as obras de arte, a arquitetura das cidades e os bancos de dados são exemplos maiores de estruturas conservativas do conhecimento humano; terão elas destino semelhante ao da maior biblioteca do Mundo Antigo?

Ver a respeito MARTINS [47] e SAGAN [8], pp. 18 -21, 279-282 e 333-334.

CAPÍTULO IV

UMA INTERPRETAÇÃO SOCIO-BIOLÓGICA E HISTÓRICO-CULTURAL DA EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES E DAS COMUNICAÇÕES

IV.1. INTRODUÇÃO

Uma tentativa de interpretação do processo evolutivo conjugado dos transportes e das comunicações será, nos limites deste estudo, necessariamente apenas indicativa, prestando-se, entretanto, como referencial de reflexão indispensável ao estudo das diferentes formas concretas de interação entre essas duas atividades.

Desenvolve-se neste capítulo uma proposta de sistematização de conceitos referentes às atividades de transportes e comunicações como funções nucleares da vida humana em sociedade e

em interação com o meio ambiente, com ênfase para a prospecção das principais comunalidades e rupturas, tendo em vista a detecção e apresentação, em maior ou menor grau de detalhamento, de paradigmas básicos, ou sistemas, de transportes/comunicações, em diferentes contextos socio-culturais.

Na proposição apresentada neste capítulo, os diferentes sistemas de transportes/comunicações serão entendidos em sua estreita relação com os diferentes modos de uso da energia, no processo de expansão das fronteiras, não apenas espaço-geográficas, mas também político-culturais, da esfera de interação homem-meio ambiente. Assim, o controle sobre recursos energéticos e materiais, bem como sua produção e distribuição, com suas motivações a nível político e suas implicações a nível ecológico, estão na raiz do impulso ao desenvolvimento dos transportes e das comunicações. As diferentes sociedades em expansão geográfica e populacional, em sua crescente complexidade a nível econômico, político, cultural e ecológico, impulsionam o desenvolvimento de meios eficazes de comunicação para controle e garantia de suas condições de estabilidade e reprodução. A História dos transportes e das comunicações, vista sob este enfoque será, assim como a História do uso da energia, parte indissociável da História da Humanidade e seu meio-ambiente, temática destinada por excelência ao aporte interdisciplinar. Seus processos, invariantes e rupturas, suas múltiplas relações com outras esferas da vida humana e com os ecossistemas deverão ser resgatados em uma primeira instância a partir do estudo comparativo de diferentes formações sociais, sem exclusão das consideradas mais "primitivas". A um nível maior de abrangência e profundidade, a

reflexão deverá incluir o estudo do papel de ambas as atividades na própria formação biológica do homem, uma vez que elas são contraditórias na Natureza, ao menos a partir do surgimento da vida, podendo-se afirmar que não há vida sem transportes ou comunicações: a abertura para o intercâmbio de matéria, energia e informação é pré-condição para a existência de células e organismos vivos (1). Assim, a pesquisa do tema, a tal nível de abrangência e profundidade, deverá buscar referência na Bioquímica Molecular, na Biologia, na moderna pesquisa do comportamento humano e animal, na Antropologia Cultural e na Economia Política.

IV.2. ORIGENS

Quando do surgimento do homo sapiens, a biosfera terrestre já era densamente povoada por imensa variedade de espécies vivas mergulhadas em complexa rede de relações de mútua dependência, caracterizada por laços de coesão, agressão, simbiose e fusão e por ciclos de alimentação, procriação, vida e morte.

Conforme propõe I. Prigogine (2), cada ser vivo é constituído essencialmente por estruturas dissipativas de energia, das quais o caso mais exemplar é a própria célula. Entretanto, a conceituação de Prigogine é mais abstrata e abrangente: estruturas dissipativas são também órgãos, organismos, comunidades

de seres vivos, ecossistemas e a própria biosfera. As características fundamentais das estruturas dissipativas são: abertura com relação à troca de energia com o meio-ambiente, afastamento do estado de equilíbrio e estágios de auto- e inter-catalise nas cadeias de reações químicas. Reconhecem-se aqui requisitos indispensáveis à condição vital, faltando apenas a potencialidade de auto-organização e reprodução (3). Por outro lado, reconhece-se também que a existência de seres vivos pressupõe o intercâmbio, a interdependência e o compromisso: não há ser vivo isolado.

Como interpretação dos fenômenos de organização espontânea em estruturas espaço-temporais cada vez mais complexas, típicas dos organismos vivos, o paradigma proposto por Prigogine (4) rompe com a concepção do evolucionismo darwinista ao contrapor ao imperativo da adaptabilidade a condições dadas do meio ambiente uma nova concepção, fundada na evolução conjugada do micro- e macro-cosmos. Em outros termos, a garantia da sobrevivência da espécie depende do grau de adaptação ao meio ambiente, mas este último não deve ser concebido como um dado em si mesmo, mas como um sistema capaz também de evoluir. A co-evolução do micro- e macro-cosmos é a chave do entendimento da potencialidade auto-organizante em um universo sujeito à tendência crescente da entropia e pressupõe um diálogo permanente e multilateral no seio da Natureza.

Inicialmente, os meios dessa comunicação entre o micro e o macrocosmos são as forças nucleares e de gravitação, que contribuíram para a estruturação de conglomerados estelares e a

condensação de corpos sólidos a partir dos gases originais. Já o aparecimento dos primeiros compostos orgânicos na Terra dá-se em um novo modo de comunicação entre o micro e o macrocosmos. Reações químicas entre gases primitivos, ativadas pela radiação solar ou por descargas elétricas na atmosfera são os elementos dinâmicos constitutivos do surgimento dos primeiros compostos orgânicos, como teoricamente previsto, independentemente, por A. I. Oparin e J. B. S. Haldane e comprovado experimentalmente por S. Miller (5).

Com o surgimento da vida, a comunicação do código genético estabelece o vínculo responsável pelas possibilidades de evolução das espécies mediante a fixação de mutações favoráveis à sobrevivência, constituindo-se em um primeiro exemplo de memória. No caso de um vírus, por exemplo, o material genético corresponde a cerca de 10 Kbits, onde estão contidas as instruções necessárias para infectar outro organismo e para reprodução. A evolução de formas mais complexas de vida corresponde ao crescimento do porte da memória genética: o código genético das células contém aproximadamente 1 Mbit e o das amebas, cerca de 500 Mbits. Entre os chamados animais superiores, o porte da memória genética atinge 5 Gbits (6).

Na regulação do equilíbrio entre os diversos órgãos e funções dos seres vivos mais complexos, e na atenuação das flutuações provocadas por influência do meio ambiente, mesmo esta imensa herança genética não é suficiente, tornando-se necessária uma primeira instância organizante a nível meta-genético: a comunicação metabólica, por meio de hormônios e enzimas, passa en-

tão a desempenhar papel decisivo.

A evolução de determinadas espécies em direção à maior autonomia com relação ao meio ambiente tem como requisito o surgimento de formas mais complexas de vida. Esta complexificação dos organismos vivos corresponde ao surgimento de novas formas de memória, comunicação e controle. Assim, nos chamados animais superiores, o sistema nervoso central viabiliza um novo tipo de comunicação, que denominaremos comunicação "neural", responsável por características de crescente autonomia e individualidade, que atingirão sua plenitude com o advento do homo sapiens, quando a evolução socio-cultural passa a predominar sobre a evolução socio-biológica.

A linguagem do cérebro é de natureza distinta da do ADN do genes; aqui, a codificação se dá em células denominadas neurônios, elementos comutadores eletroquímicos microscópicos. Cada ser humano possui cerca de 10^{11} neurônios e cerca de 10^{14} interconexões neurônicas, o que corresponde a cerca de 10^{14} bits. A comunicação "neural" corresponde a três níveis de processos mentais, encontrados em grau evolutivo crescente entre os vertebrados: os níveis orgânico, reflexivo e auto reflexivo, gerenciados por três sistemas materiais distinguíveis, presentes no cérebro humano: os chamados "cérebro réptil" (glândulas), "cérebro paleomamífero" (cortex primitivo e lóbulo) e "cérebro neomamífero" (neocórtex).

De acordo com o modelo de Mac Lean (7), os três "cérebros" surgem na evolução dos vertebrados de tal forma que o primeiro já é identificável entre os dinossauros, o segundo entre

os primeiros mamíferos e o terceiro entre os primeiros primatas. Antes do surgimento do "cérebro réptil", entretanto, já entre os primeiros organismos multicelulares, Mac Lean identifica a presença de um "chassi neural", composto pela base inferior do cérebro, a medula e, posteriormente, pela parte intermediária do cérebro, que se assemelha a um veículo vazio e sem direção, se não for dirigido pelos três "cérebros". Entretanto, o "chassi neural" é decisivo na coordenação de aspectos fundamentais da auto-preservação dos organismos multicelulares, tais como a respiração, a circulação, a pressão sanguínea, a digestão e a mobilidade.

A comunicação neural serviu, em seus primórdios, à coordenação de processos metabólicos em organismos que se estavam tornando cada vez mais complexos no curso da evolução. Na interface entre a comunicação metabólica, tipicamente dependente do transporte de matéria, e a neural, baseada na transmissão de sinais de baixa energia, a mente orgânica é responsável por essa coordenação. Incapaz de reflexão, ela é pura auto-expressão. O cérebro réptil, "locus" material da mente orgânica, originou-se há cerca de 250 a 280 milhões de anos. Como gerenciador dos processos de auto-expressão, ele é responsável por uma rica variedade de padrões de comportamento animal, encontrados já entre os répteis, tais como a territorialidade, os rituais de luta e intimidação do adversário, formação de hierarquias, receptividade, processos migratórios e rituais de acasalamento. Entretanto, o cérebro réptil é pouco dotado para responder a fatos e situações novas, ou seja, não apresenta boa capacidade de aprendizagem, caracterizando-se pela simples aprendizagem por imita-

ção. Sua flexibilidade é portanto limitada e os processos mentais no cérebro réptil são responsáveis por impulsos irresistíveis e comportamento compulsivo.

Já a mente reflexiva atua de forma distinta. Ela é capaz de refletir uma realidade exterior e reconstruí-la internamente, não como uma simples cópia, mas mediante um processo iterativo entre, por um lado, um mosaico de impressões sensoriais e modelos alternativos da realidade e, por outro, o meio ambiente. Neste processo, a mente é capaz de aprender aspectos como a visão em perspectiva e a contiguidade, bem como de manifestar preferências por certas formas, cores, sons e odores. As emanções do ambiente não são aceitas passivamente, mas são absorvidas e contrastadas com modelos subjetivos capazes de ordená-las. O aprendizado não é mais mera imitação, como na mente orgânica, mas torna-se aprendizado por meio da ação ("learning by doing").

O "cérebro paleomamífero" ou sistema límbico é o "locus" material da mente reflexiva. Os répteis têm apenas um córtex rudimentar, que, evoluindo nos estágios intermediários entre répteis e mamíferos, deu origem ao sistema límbico entre os primeiros mamíferos há cerca de 165 milhões de anos. Processando informações do mundo exterior e interior a seu próprio organismo, ele contribui significativamente para a formação da identidade do indivíduo. Embora internamente ligado por dois subsistemas mais primitivos ao sistema olfativo já existente nos répteis, o "cérebro paleomamífero" supera o complexo olfativo e assume mediante um terceiro subsistema mais recente, um papel coordenador novo nas funções visuais e outras, relacionadas ao

comportamento social e sexual. Este terceiro subsistema evoluiu posteriormente e é dominante no homem. Em consequência, o referencial social e sexual humano é primordialmente de natureza visual. O sistema límbico pode ser comparado a uma tela de radar que melhora a orientação no meio ambiente e aprimora a flexibilidade e autonomia do indivíduo (8).

O sistema límbico processa informações de forma a interpretá-las como sentimentos e emoções que se tornam forças motoras do comportamento, sendo capaz de reduzir a flexibilidade do julgamento por meio de fortes convicções e idéias fixas. As fortes interconexões entre os cérebros réptil e paleomamífero são responsáveis pelo rico repertório de expressões não verbais dos mamíferos, sem exclusão do homem, onde se destacam neste contexto as diferentes formas de expressão artística.

A mente auto-reflexiva atua diferentemente das duas anteriores, sendo capaz de projetar um modelo da realidade na qual o organismo está mergulhado e assim, não apenas de recordar mas antecipar experiências e sentimentos e construir criativamente o futuro. O processamento e organização da informação torna-se independente, tanto de processos metabólicos como de impactos sensoriais. A mente auto-reflexiva emancipa-se e assume seu próprio curso na evolução, tornando-se ativa não somente na formação de imagens, mas também na transformação da realidade. Este papel da mente floresce com o advento do homo-sapiens e o início da evolução sócio-cultural humana, em contraste com a evolução sócio-biológica que a precedeu.

O "cérebro neomamífero" ou neocórtex é o "locus" onde a informação é processada na forma característica da mente auto-reflexiva. Originando-se há cerca de 50 milhões de anos, entre os primeiros primatas, seu rápido crescimento nas fases posteriores da evolução (primatas antropóides, homínídeos, homo sapiens) é um dos eventos mais dramáticos da História Natural. O neocórtex assume um papel de crescente importância entre os mamíferos mais evoluídos e é dominante entre os primatas e o homem.

O neocórtex humano pode ser comparado a uma tela sobre a qual aparecem as imagens simbólicas da linguagem e da lógica, incluindo-se a Matemática (9). Com a capacidade de abstração, viabiliza-se a emancipação com relação à realidade do mundo exterior. A abstração se superimpõe à realidade existente e dá início a um processo criativo de transformação do mundo.

Com o advento da mente auto-reflexiva, a História Natural sofre sua ruptura mais radical e decisiva. Na mente orgânica, a experiência é limitada aos processos de transformação e transporte de matéria/energia; a cognição e o metabolismo são aqui indissociáveis. Mas na mente reflexiva e, definitivamente, na auto-reflexiva, a experiência emancipa-se. Com a inclusão do passado e do futuro na experiência presente, enriquecem-se tremendamente as potencialidades e alternativas de evolução social e cultural e de projeção do futuro. A capacidade de representação simbólica não se restringe ao mundo interior, mas abrange também o mundo exterior, que se torna manipulável, não somente em idéias e planos, mas em ação física e social direta. No bojo

desta perspectiva emerge a tecnologia como "potencializador das potencialidades" da mente. Assim, a evolução sócio-biológica é virtualmente deslocada pela evolução sócio-cultural. A História Natural dá lugar à História da Mente.

"O (neo) córtex cerebral, onde a matéria é transformada em consciência, é o ponto de embarque de todas as nossas viagens cósmicas. Compreendendo mais de dois terços da massa cerebral, é o reino da intuição e da análise crítica. É aqui que temos idéias e inspirações, aqui que lemos e escrevemos, aqui que fazemos a matemática e componemos música. O (neo)córtex regula nossa vida consciente, é a distinção de nossa espécie, a sede da nossa humanidade. A civilização é um produto do (neo)córtex cerebral" (SAGAN, [B], p.277).

A co-evolução do micro e macro-cosmos tendeu à crescente autonomia e individualidade de formas complexas de vida, culminando com a mente auto-reflexiva humana. As potencialidades da mente humana são realizadas na interação com o meio ambiente e na construção do mundo humano, em permanente relação com os outros homens. A cultura é ao mesmo tempo o habitat e a continuidade evolutiva da espécie humana. Assim, se por um lado o processo que viabilizou o advento da mente auto-reflexiva culmina com a autonomia e individualidade do ser humano, por outro lado esta mesma mente estabelece seu próprio sistema de relações com o mundo, que se traduzem em macro-sistemas sócio-culturais tais como comunidades, sociedades, instituições e civilizações. Da mesma forma, através da ação humana mediada pela tecnologia, a mente auto-reflexiva modela o mundo e estabelece interfaces e

fronteiras de crescente abrangência entre estruturas de equilíbrio (mundo cultural humano) e o meio ambiente. Tais interfaces estabilizadoras são tanto de natureza concreta (edificações, muralhas, canais, máquinas, estradas, sistemas agrícolas, formas urbanas) como abstrata (valores, credos, cosmovisões, religiões, paradigmas científicos).

IV.3. UMA PROPOSTA DE INTERPRETAÇÃO DO PAPEL DOS TRANSPORTES E DAS COMUNICAÇÕES NA HISTÓRIA HUMANA

IV.3.1. Introdução

O mundo humano localiza-se no ponto de contacto entre duas ordens evolutivas: a socio-biológica e a socio-cultural, as quais passam a se desenvolver de forma interdependente e intimamente relacionada na História Humana.

De ambas essas tendências a experiência humana é rica em exemplos. Uma ocorrência marcante vinculada ao aspecto sócio-biológico da evolução humana são as atividades de produção, distribuição e transporte. Estas últimas tomam um impulso tremendo com a ação humana, mas já são nítidas, verificáveis e evolutivas na Natureza, desde os fenômenos de transporte seletivo de matéria em reações químicas e em meios líquidos e gasosos de ecossistemas, os fenômenos de osmose e o transporte controlado pelo metabolismo, até o transporte e estocagem de alimentos por comunidades de insetos, aves e mamíferos. São aqui particularmente significativas as atividades de alimentação da prole, construção de nichos e migração. Em todas elas, assim como na atividade econômica humana, o transporte é atividade derivada e

essencial.

"With respect to its dynamics, the human world belongs to both phases of evolution, sociobiological to the extent that it is shaped by material processes and thus by metabolic processes in the broadest sense. In the macrosystems of the human world, production and distribution processes as well as the movement of persons with and without means of transportation belong to the sociobiological aspect. It appears now as quite natural that it is this aspect of the human world which ... lends itself to modelling approaches of the same type as applied to the metabolism of dissipative structures and the dynamics of insect societies. It appears equally understandable that in Marxist theory - which embodies a model of human society which is essentially limited to processes of production, distribution and consumption - the emphasis would be placed on the collective. ... the sociobiological domain is characterized by a progression from rigorous collectivism toward increasing individualism. But this development is not simply continued in sociocultural development. Something new happens.

Sociocultural evolution turns sociobiological evolution virtually upside down. If sociobiological micro- and macroevolution were autonomous and connected by long-range co-evolution, sociocultural macroevolution now acts as a continuation of sociobiological microevolution. With this, I want to say that sociocultural macroevolution is now following the self-reflexive mind which unfolds in the organism of the human individual." (JANTSCH [10], pp. 174-175).

O transporte de matéria é assim por si mesmo uma primeira invariante da evolução sócio-biológica pré e pós-humana. Por outro lado, característica por excelência do mundo socio-cultural humano enquanto "locus" da atividade mental, abstrata e simbólica é a evolução das comunicações desde o advento da linguagem verbal até aos modernos meios telemáticos de comunicação. Já ao se buscar relacionar as formas de comunicação existentes na Natureza com a comunicação humana, verifica-se uma ruptura radical, totalmente distinta da maior continuidade existente no desenvolvimento das atividades de transporte pré e pós-humanas.

De fato, o cérebro réptil e paleomamífero já era capaz de suportar as relações sócio-biológicas básicas mediante uma linguagem não-verbal: auto-expressão e reflexão. Entretanto, apenas a mente auto-reflexiva é capaz de um discurso inteligente onde o mundo exterior é captado e expresso de forma abstrata na linguagem verbal. Supõe-se que a linguagem verbal humana surgiu no período entre 100000 e 10000 anos atrás, o qual assistiu também à definitiva predominância da espécie homo sapiens sobre as outras variações do gênero homo e à aceleração da evolução socio-cultural dessa espécie com o desenvolvimento de ferramentas complexas e armas de caça, abrigos, barcos e rudimentos de agricultura. Assim, o surgimento da linguagem está ancorado na própria formação biológica da espécie, sendo ao mesmo tempo fator responsável pelo notável impulso experimentado pela evolução humana. Suas raízes genéticas, biológicas e culturais vão implicar em uma primeira (e fundamental) invariante das comunicações: as comunalidades gramaticais.

"Verbal language, too, roots in the non-verbal, emotionally tainted experience of the organization of human life... It is itself a product of evolution. This may explain the commonalities in grammar of all known languages. Language apparently has to do with the structure of a genetically anchored neural apparatus" (JANTSCH, [10], p. 174).

A confluência das vertentes sócio-biológica e sócio-cultural na evolução humana dá origem a um auto-posicionamento especialíssimo do Homem diante do mundo e de si mesmo, que o leva a ter que assumir ele próprio a responsabilidade por seu destino e a buscar seu próprio lugar no mundo através de suas obras, na construção de um mundo cultural, seu "habitat".

"The self-reflexive mind not only relates the whole world to the individual, it also relates the individual to the whole world. From now on, everyone of us assumes responsibility for the macrosystems. Not only for our societal systems, but also for the whole planet with its ecological order, and soon perhaps for space transcending our planet..." (JANTSCH [10], p.177).

Os diferentes modos com que as sociedades humanas têm vivenciado esse duplo papel evolutivo, de ser biológico e ser mental, de ser carente de meios de adaptação direta a qualquer meio ambiente e dotado de potencialidades mentais, racionais e emocionais de limites desconhecidos, esses diferentes modos de viver ou de expressar da vida humana, podem ser captados mediante o estudo da evolução das técnicas. Em particular, elegeremos

aqui desenvolver um esforço de entendimento e apreensão do significado dos diferentes modos de desenvolvimento e aplicação de sistemas de transporte e comunicações, em suas mútuas relações e em suas implicações para a evolução e o futuro sócio-biológico-cultural da espécie e seu meio ambiente.

IV.3.2. A Estabilidade e a Mobilidade do Modo de Vida Caçador Coletor

A pesquisa do modo de produção das comunidades humanas primitivas, assim como de seus modos de transporte, comunicação e uso de energia, baseia-se tanto na prospecção e análise sistemática do registro fóssil como no entendimento das comunidades atuais que preservaram sua sobrevivência baseada na caça e coleta de alimentos. Entre tais comunidades atuais, uma das mais profundamente pesquisadas é a dos !Kung San, que vivem próximos à fronteira da Botswana e Namíbia, ao norte do deserto de Calahari. Diversos pesquisadores, em maior parte vinculados à Universidade de Harvard, vêm analisando desde 1963 essa comunidade. Embora desde essa época um processo de aculturação tenha levado boa parte dos nativos a se fixarem como agricultores ou até mesmo a serem recrutados pelo governo sul-africano para o rastreamento de grupos considerados terroristas na região fronteiriça à Botswana e à Namíbia, um pequeno número de pessoas ainda vive da caça e coleta, em um modo de vida que propicia ampla corroboração com observações sobre caçadores-coletores em diversas partes do mundo.

As conclusões das pesquisas realizadas com os !Kung são particularmente úteis para a reflexão sobre os meios de transporte, comunicação e uso da energia entre os caçadores-coletores. Em particular, as colocações de Leakey (10), baseadas no projeto de pesquisa mencionado, são de grande interesse.

Em primeiro lugar um melhor entendimento do modo de vida caçador-coletor, suas condições de sobrevivência, suas motivações e atitudes, suas relações inter-pessoais e com a Natureza, é fundamental para a discussão e avaliação crítica dos modernos meios de produção, uma vez que a herança cultural transmitida pelo estilo tecnológico predominante no extenso período da própria formação biológica do homo sapiens deixou marcas, algumas definitivas, nas características do ser humano. Assim, o estudo do modo de vida caçador-coletor das raras comunidades atuais, mesmo que sujeito às limitações decorrentes dos riscos de inferências em direção a um passado remoto, são de crucial relevância para a compreensão do homem paleolítico, gênero composto por diversas espécies que viveram na face da Terra por milhões de anos e que constituiu o elo decisivo entre o mundo animal e a espécie humana.

Por outro lado, a própria caracterização das comunidades de caçadores-coletores como "primitivas", em contraposição à sociedade tida como "moderna", deve ser relativizada na medida em que os caçadores-coletores da atualidade são tão modernos, em termos biológicos, quanto os exploradores que os "descobriram"; simplesmente se sustentavam por outros métodos e eram muito bem sucedidos. Segundo M. Sahlins, o modo de vida caçador-

coletor caracteriza a sociedade afluyente original na qual todas as aspirações humanas são facilmente satisfeitas: a economia do caçador-coletor não é uma incessante busca de alimentos mas um sistema que permite muito menor tempo de trabalho necessário à sobrevivência do que a sociedade agrícola ou industrial (11). Para a viabilização desse modo de vida em meio a um ambiente natural mutável e hostil, os !Kung desenvolveram uma estratégia de sobrevivência notável por sua complexidade e pela perícia, sensibilidade e mobilidade que requerem.

"Durante a estação úmida do verão, ... os pequenos bandos forrageadores constroem modestos acampamentos temporários entre os bosques de noqueiras e mongongos, deslocando-se para novos refúgios de poucas em poucas semanas. O bando se locomove não numa constante e desesperada busca de alimentos, mas porque quanto mais permanece num local é maior o percurso diário para coletar alimentos. é uma questão de conveniência, não uma fuga do espectro da fome". (LEAKEY [22], p. 99).

Assim, na raiz da vida nômade dos caçadores-coletores está a sua notável mobilidade, possibilitada pela reduzidíssima base material e tecnológica e também pelo controle da natalidade.

"As crianças !Kung são amamentadas até os três ou quatro anos. Isto pode ajudar a evitar que a mãe engravide novamente durante este período. Quando ela tem outro filho, a criança mais velha já tem idade bastante para caminhar durante os trajetos de coleta de alimento e de mudança do bando para ou-

tro acampamento ... o espaçamento de nascimento de uns quatro anos é um fenômeno mundial entre os grupos caçadores-coletores e parece ser uma resposta biológica às exigências físicas de mobilidade". (LEAKEY, [22], p. 105).

A forte impressão causada pela modesta base material, tanto dos caçadores-coletores atuais, quanto das comunidades paleolíticas que chegaram até nós através do registro fóssil, não deve nos levar entretanto a subestimar a cultura e a capacidade inventiva, pois estas são características que nem sempre se materializam em artefatos, sendo antes potencialidades mentais que se realizam no processo de organização social (12). Um exemplo marcante desta consideração nos é dado pelo papel da atividade de transporte nestas comunidades.

"Quando os !Kung se deslocam de acampamento em acampamento, eles, como outros caçadores-coletores, levam todos os seus bens terrestres: isto usualmente atinge um total de 12 kg... Há um conflito insuperável entre mobilidade e cultura material, e assim os !Kung carregam sua cultura em suas cabeças e não em suas costas". (LEAKEY [22], p. 103).

A habilidade no uso dos limitados recursos técnicos é indispensável, inclusive no que concerne aos modos de transporte e comunicações.

"A coleta também requer bastante perícia... A economia !Kung parece simples ... mas do ponto de vista do indivíduo agente a subsistência é bem complexa. Por exemplo, mesmo sendo

fácil coletar nozes ou melões quando se está no local onde eles crescem, é preciso ter forças suficientes para percorrer 16km, ou até mais, carregando a coleta de um dia inteiro e talvez uma criança. As mulheres !Kung, como os homens, prestam muita atenção às pegadas de animais ao atravessarem os campos, e, quando voltam para casa à tardinha, relatam aos homens os movimentos recentes da caça". (LEAKEY [22], pp. 108 e 109, citando Patrícia Draper) (13).

Uma consideração mais aprofundada da tecnologia de caça, coleta e transporte de alimentos é útil para posterior reflexão, em face das alternativas modernas.

"Quando se examina a tecnologia de caça, ou de outros aspectos da vida !Kung, fica-se muito impressionado não por complexidade ou sofisticação mas, exatamente pelo contrário, por sua simplicidade. Um pedaço de pau, arco e flecha, as flechas com veneno de larvas de inseto nas pontas, são o equipamento básico do caçador, que também se utiliza de varas de cavar para espicacar lebres saltadoras de suas tocas, truques para capturar pequenos animais, e sacolas reticuladas feitas de tendões de animal para carregar vários itens. Para a coleta de vegetais, o equipamento técnico é ainda mais modesto: uma vara de cavar e algum tipo de recipiente. As mulheres !Kung usam um *karos* feito de pele de antílope, no qual transportam as sementes, frutos, raízes e nozes junto com seus filhos. De volta ao acampamento, simples pedras são suficientes para quebrar as abundantes e valiosas "nozes mangetti". Um almofariz e um pilão de madeira é tudo o que é preciso para triturar o miolo da noz, de modo a

torná-la digerível pelas crianças e velhos, ou misturá-las com qualquer outro alimento. E como a água, ou melhor a falta de água, domina a vida dos !Kung, vasilhames como a casca dos ovos de avestruz ou sacos feitos de estômagos de animal, são também indispensáveis.

Em contraste com o tosco equipamento, a habilidade requerida pela caça e coleta é prodigiosa. Os caçadores precisam saber identificar o animal pelo rastro, assim como perceber sua idade, há quanto tempo passou pelo local, se estava correndo ou à toa, e se estava ferido ou não. Uma vez à distância de alvejar a presa, muita argúcia é exigida para a aproximação necessária a um disparo certo com as pequenas flechas. Só o menor dos antílopes é abatido deste modo, pois a maioria das presas uma vez feridas precisa ser perseguida por muito tempo, algumas vezes durante dias, antes que o veneno exerça seu efeito." (LEAKEY [22], p. 108).

As formas de comunicação entre os caçadores-coletores correspondem a seu estilo de organização social na medida em que o porte dos grupos de pessoas que vivem juntos e se comunicam é bastante reduzido, em torno de 30 pessoas, que é a combinação mais favorável de adultos e crianças para explorarem as fontes alimentares disponíveis (14). Um acampamento típico é um conjunto compacto de sete ou mais abrigos muito próximos entre si, alocados em círculo, todos com as entradas voltadas para o centro, de tal forma que a comunicação intra-grupo é direta e intensa, servindo de instrumento fundamental na estabilização da síntese grupal.

"Todos no acampamento podem enxergar (e com frequência ouvir) todos os outros, virtualmente o tempo todo, desde que não existam locais privados para onde as pessoas possam se retirar. Mesmo com o cair da noite permanecem em espaço visualmente aberto, dormindo sozinhas ou com outros membros da família ao redor das fogueiras fora das cabanas". (LEAKEY [22], p. 229, citando Patricia Draper).

Com a passagem para a aldeia agrícola, essa comunicação direta é quebrada e as casas se dispersam em situações que não mais se dirigem para a vida da aldeia, ao mesmo tempo que a vida nômade dá lugar à vida sedentária, os fluxos de transportes se intensificam, acumulam-se os estoques de alimentos e outros bens e expande-se a esfera de atuação geográfica, econômica e política do grupo.

As comunicações entre caçadores-coletores não se restringe entretanto às de tipo intra-grupo. Encontros periódicos entre grupos, tipicamente na época das secas, são importantes oportunidades de socialização, onde cada um tem contacto com o mais amplo contexto social a que terá acesso em toda sua vida, os grupos se redefinem, ao mesmo tempo em que se ampliam e se aprofundam as experiências de vinculações mais abrangentes que transcendem a esfera da experiência cotidiana concreta e remetem para as relações entre o Homem e o Cosmos.

"Quando chegam os secos meses de inverno, os !Kung se congregam ao redor de pontos de água permanente, em concentrações de cem ou mais pessoas. Esta fase "pública" de suas vidas

é muito importante. É o período de intensa socialização, danças de transe de cura em grande escala, iniciações, contar histórias, troca de presentes e intercâmbios matrimoniais. Se encararmos os acampamentos dispersos do verão como vinculados por uma vasta rede invisível de parentesco, amizade e obrigações materiais, então o inverno é a época em que a rede é estreitada, os laços são fortalecidos e novas alianças são feitas.

Entretanto, a altamente valorizada fase pública dos !Kung não está livre de inconvenientes. A inusual concentração de indivíduos inevitavelmente significa que as pessoas têm de trabalhar mais: devem percorrer uma distância maior para coletar vegetais e encontrar animais para caçar. E a alta densidade vivendo num mesmo local gera com frequência conflitos pessoais. Quando caem as primeiras chuvas, as pessoas novamente se dispersam em pequenos bandos para os bosques de mongongos. Contudo, a composição dos bandos não é necessariamente igual à do último verão: a fase pública é uma oportunidade para as pessoas se agruparem com aquelas com quem preferem viver e para os conflitos e tensões serem resolvidos pela cisão de alguns bandos." (LEAKEY [22], p. 100).

Assim, os modos de produção, transporte, comunicação e uso da energia entre caçadores-coletores constitui uma totalidade integrada que se consubstancia em uma estratégia de sobrevivência individual e coletiva extremamente bem sucedida e estável, que foi predominante por pelo menos dois milhões de anos e deixou heranças profundas na formação biológica e cultural do homo sapiens.

IV.3.3. A Grande Ruptura do Neolítico

A Revolução Agrícola é um marco decisivo para a História da Humanidade, que deixou marcas indeléveis na identidade cultural das diferentes sociedades e modificou as concepções fundamentais de espaço, tempo e auto-posicionamento do Homem no Cosmos. Em sua radicalidade e abrangência é a primeira grande ruptura a nível socio-cultural, comparável apenas à Revolução Industrial e, possivelmente, ao período contemporâneo, caracterizado por uma profunda e extensa crise política, econômica e valorativa, acompanhada de uma aceleração surpreendente no avanço tecnológico.

Em face do longo período em que o Homem sobreviveu tendo como base econômica a caça e a coleta, a transição para a agricultura e a vida sedentária é um fato de profunda repercussão sobre o destino da espécie, surpreendente pela sua rapidez e universalidade, pois se inicia e se torna predominante sobre todo o globo em um período de no máximo 20000 anos. Com esta transição, é modificado não somente o modo de produção: introduzem-se novos meios de transporte, com uso de energia animal, quebra-se o modo de comunicação direto e convivencial da aldeia primitiva, redefine-se o estatuto da autoridade e liderança, surge a propriedade privada, modificam-se as relações intra e inter-comunidades e a própria família. Extensões mais amplas do território são transformadas e estabilizadas para dar espaço à

existência humana, imersa em sociedades mais complexificadas, onde se aprofunda a divisão do trabalho e a acumulação de excedentes da produção. O acúmulo de estoques de alimentos e artefatos produtivos e a divisão da sociedade em classes correspondem à necessidade de proteção da riqueza: muralhas, torres, fortificações, armamentos e exércitos, o Estado e a legitimação do novo regime de propriedade. Surgem as primeiras cidades no Oriente Médio, cresce o intercâmbio comercial por terra e por mar: transportes e comunicações, expansão que prenuncia uma economia em escala planetária. Surgem novos sistemas de produção em grande escala: servidão coletiva, produção escravista.

O acúmulo de excedentes de produção e a ampliação do espaço geográfico "estabilizado" para a vida humana são condições básicas da Revolução Agrícola, intimamente relacionadas entre si e ao avanço tecnológico de então.

As novas técnicas de plantação, irrigação e colheita viabilizam um tremendo incremento de produtividade, pois "um grupo familiar... poderia facilmente ceifar cereais selvagens durante um período de três semanas, ou mais, e sem grandes labutas coletar mais grãos do que sua família poderia consumir durante um ano". (Cf. LEAKEY [22], p. 207, citando Jack Harlan, que realizou o experimento reproduzindo as condições tecnológicas do Neolítico). Por outro lado, entre os caçadores-coletores, os homens trabalham cerca de 21 horas semanais na caça e as mulheres, 12, para o suprimento de plantas silvestres. (Cf. LEAKEY [22], p.106).

Os novos meios de transportes, essencialmente baseados no uso de tração animal, e as técnicas de estocagem, foram decisivos para possibilitar o aumento do porte dos assentamentos humanos. De um limite de 30 pessoas entre os caçadores-coletores, as comunidades humanas passam a contar com centenas ou, em alguns casos, milhares de indivíduos. Com o incremento da distância máxima alcançável pelos meios de transportes para coleta dos alimentos e recursos necessários à comunidade, simultaneamente ao incremento da produtividade da agricultura, aumenta também o número de indivíduos que podem ser mantidos em um mesmo conglomerado humano, em uma relação mais que proporcional dada pela lei dos quadrados de Lardner (Cf. MORLOK [48], pp. 45 e 46).

É neste contexto de múltipla expansão técnica e populacional que se inserem as primeiras cidades como centros de comércio: Jericó e Ur, entre outros povoados do chamado Crescente Fértil.

Fato notável intimamente ligado a tais transformações é a explosão populacional de 5 a 10 milhões de habitantes estimados nos primórdios da Revolução Agrícola, a população do mundo cresce para 300 milhões no início da era cristã, aproximando-se de 1 bilhão no início da Revolução Industrial, e atingindo atualmente cerca de 5 bilhões. (Cf. LEAKEY [22], p. 200).

No bojo desse conjunto de radicais transformações a nível cultural, tecnológico e demográfico, o advento da escrita é o marco definitivo na história das comunicações que vem liberar

o processo de aprendizado dos limites da experiência direta, por observação, vivência ou imitação. A partir desta invenção do homem neolítico há cerca de 10000 anos, a mente auto-reflexiva torna-se capaz de armazenar em estruturas conservativas experiências de sua interação com o meio ambiente e com outros seres humanos. Outros exemplos marcantes de estruturas conservativas construídas pelo homem e depositárias de memória são os aparatos técnicos tais como artefatos, ferramentas e máquinas, as construções arquitetônicas e as obras de arte.

"Então veio o tempo, talvez há dez mil anos, quando necessitávamos saber mais do que podia ser convenientemente contido nos cérebros, e aprendemos a estocar quantidades enormes de informação fora dos nossos corpos. Somos a única espécie no planeta, até onde sabemos, a ter inventado uma memória comunal armazenada fora dos genes e do cérebro. ...

Alguns dos primeiros autores escreveram na argila. A escrita cuneiforme, o ancestral remoto do alfabeto do Ocidente, foi inventada no Oriente Próximo há cerca de 5000 anos. Seu propósito era manter os registros compra de cereais, venda de terra, triunfos do rei, estatutos dos sacerdotes, posição das estrelas, as preces aos deuses. Por milhares de anos, a escrita foi esculpida na argila e na pedra, riscada na cera, cortada ou no couro; pintada no bambu, papiro ou seda, mas somente uma cópia da cada vez, e, exceto pelas inscrições em monumentos, lida por pouquíssimos leitores. Então, na China, entre os séculos II e VI, o papel, a tinta e a imprensa, com blocos de madeira esculpados, foram inventados, permitindo a confecção de várias

cópias de um trabalho e distribuição do mesmo. Passaram-se mil anos até a idéia sair da sua origem e chegar à Europa." (SAGAN [8], pp. 279 e 281).

Com a Revolução Agrícola, e mais marcadamente com a Revolução Urbana e o início da civilização, os meios de comunicação e transportes tornam-se elementos chave para potencializar o domínio do homem sobre a Natureza e sobre outros homens. As funções básicas dos meios de transportes são, desde esse período, invariantes: comunicação, movimentos militares, controle político e arrecadação, viagem de pessoas e movimento de carga. Tais funções não são obviamente exclusivas entre si e a prioridade e intensidade de cada uma pode variar em diferentes sociedades. São entretanto invariantes no sentido de sua funcionalidade.

Com o advento dos meios modernos de telecomunicações, diferencia-se a rede de comunicações da rede de transporte. Entretanto, até o advento do rádio e do telégrafo ambas as redes eram necessariamente coincidentes (15). Mais que isso, há evidências (16) de que os sistemas de transportes das primeiras civilizações foram projetados e construídos tendo como prioritária a função de possibilitar as comunicações, ou seja, a transferência de informações, mensagens e documentos oficiais; neste sentido, a rede de transportes era essencialmente um instrumento do controle político e tarifário. Em grandes impérios formados por imenso número de aldeias e povoações dispersas e economicamente independentes entre si, inexistia atividade econômica que justificasse as funções de deslocamento de cargas e passageiros. Em

geral as mensagens eram levadas por mensageiros a pé ou a cavalo, requerendo que as estradas fossem dotadas de hospedagens e postos de troca de mensageiros ou montaria. As estradas romanas, com seus entrepostos militares e correio, bem como a rede de transportes do Império Inca e da China dos séculos XIV ao XIX, são aqui exemplos principais.

Intimamente relacionada às comunicações, nos primeiros sistemas de transportes, está a função de prover meios para o rápido deslocamento dos exércitos: aqui o exemplo mais conhecido é também o do Império Romano, cujas estradas prestavam-se preferencialmente ao deslocamento a pé, a cavalo, ou em carruagens leves, denotando menor prioridade para o transporte de passageiros ou cargas por via terrestre em longas distâncias: grande parte do transporte de mercadorias em longa distância era feito entre os romanos por via hidroviária, condição que permanece até o início da Revolução Industrial (17). Os antigos sistemas de transportes da China e do Império Inca foram também projetados mais para fins militares e de comunicações que para transportes de passageiros e carga (18).

Assim, na gênese dos grandes sistemas de transportes do mundo antigo está a necessidade de comunicação, em especial entre o governo central e os seus domínios: hoje, a possibilidade de comunicação sem a necessidade do transporte de pessoas e materiais coloca a possibilidade de reverter, ao menos parcialmente, essa motivação original. A contribuição para a redução nos investimentos em infra-estrutura de transportes e nos gastos de energia bem como o alívio do fluxo de transportes nos grandes

centros urbanos (19) poderá ser significativa. Por outro lado, em contraste com a função de meio de comunicação, a função da rede de transportes como via de deslocamento rápido de tropas militares pode ser considerada uma invariante desde os grandes impérios da Antiguidade:

"These systems may be slightly modified to cater to special needs for military movement, such as particularly large clearances under bridges on the National System of Interstate and Defense Highways in the United States, and airports may be designed for joint use civilian aircraft as well as military aircraft, as is common in the Middle East today, but these adaptations are rather minimal." (MORLOK [48], p. 58).

Muitas das civilizações antigas, entre as quais os egípcios, fenícios, gregos e romanos, utilizaram prioritariamente a via marítima para o transporte de mercadorias a grandes distâncias (Cf. MORLOK [48], p. 54). Até os primórdios da Revolução Industrial, "viver cerca de um porto era viver cerca del mundo" (HOBSBAWN [49], p. 27).

Com a queda do Império Romano, as invasões bárbaras e a feudalização da sociedade europeia, restringem-se os fluxos de comunicação e transporte. Até o século XVII, o transporte de passageiros e cargas era escasso, lento e muito caro. À exceção dos governantes, dos grandes primazes da Igreja e dos grandes comerciantes, a população vivia restrita ao mundo da pequena aldeia: a velocidade dos transportes era limitada à das mulas e cavalos atrelados a carros lentos que em pouco ou nada superavam

os meios disponíveis na Antiguidade. Por outro lado, para a maioria das pessoas do mundo, "las cartas eran algo inusitado y no podían leer o viajar - excepto tal vez a las ferias y mercados - fuera de lo corriente. Se tenían que desplazarse o enviar mercancías, habían de hacerlo a pie o utilizando lentísimos carros, que todavía en las primeras décadas del siglo XIX transportaban cinco sextas partes de las mercancías francesas a menos de 40 kilómetros por día. Los correos de gabinete volaban a través de largas distancias con su correspondencia oficial; los postillones conducían las diligencias sacudiendo los huesos de una docena de viajeros o, si iban equipadas con la nueva suspensión de cueros, haciéndoles padecer las torturas del mareo. Los nobles viajaban en sus carrozas particulares. Pero para la mayor parte del mundo la velocidad del carretero caminando al lado de su caballo o su mula imperaba en el transporte por tierra." (20).

Nos limites do modo de vida dos feudos, a visão de mundo e a esfera de atuação espaço-temporal das pessoas permanece ligada à família, à vizinhança, ao mercado local e à intensidade da vivência mítico-religiosa, em um mundo preponderantemente rural.

"Por todo ello, el mundo de 1789 era incalculablemente vasto para la casi totalidad de sus habitantes. La mayor parte de éstos, de no verse desplazados por algún terrible acontecimiento o el servicio militar, vivían y morían en la región, y con frecuencia en la parroquia de su nacimiento: hasta 1861 más de nueve personas por cada diez en setenta de los noventa departamentos franceses vivían en el departamento en que nacieron.

El resto del globo era asunto de los agentes de gobierno y materia de rumor. No había periódicos, salvo para un escaso número de lectores de las clases media y alta - la circulación corriente de un periódico francés era de 5.000 ejemplares en 1814 -, y en todo caso muchos no sabían leer. Las noticias eran difundidas por los viajeros y la parte móvil de la población: mercaderes y buhoneros, viajantes, artesanos y trabajadores de la tierra sometidos a la migración de la siega o la vendimia, la amplia y variada población vagabunda, que comprendía desde frailes mendicantes o peregrinos hasta contrabandistas, bandoleros, salteadores, gitanos y titiriteros y, desde luego, a través de los soldados que caían sobre las poblaciones en tiempo de guerra o las guarnecían en tiempos de paz. Naturalmente, también llegaban las noticias por las vías oficiales del Estado o la Iglesia. Pero incluso la mayor parte de los agentes de uno y otra era personas de la localidad elegidas para prestar en ella un servicio vitalicio. Aparte de en las colonias, el funcionario nombrado por el gobierno central y enviado a una serie de puestos provinciales sucesivos, casi no existía todavía. De todos los empleados del Estado, quizá sólo los militares de carrera podían esperar vivir una vida un poco errante, de la que sólo les consolaba la variedad de vinos, mujeres y caballos de su país." (HOBSBAWM [49], pp. 28 e 29).

U.3.4. O Novo Mundo Industrial

Com o advento da Revolução Industrial, uma profunda transformação no modo de vida, nos costumes e na identidade cultural das pessoas toma lugar. Mais uma vez, a abrangência e velocidade da transformação bem como as marcas que deixarão sobre o destino da espécie são notáveis. Para uma apreciação do processo global de transformação técnica, econômica, demográfica, social e cultural então em andamento, iremos nos fixar no papel das comunicações e dos transportes do mundo industrial.

Se a escrita é o meio de comunicação por excelência da Revolução Agrícola, os primórdios da Revolução Industrial assistem ao surgimento e disseminação de uma nova invenção decisiva para ampliar a capacidade de armazenamento e comunicação de informações e para romper o monopólio da Igreja Católica sobre o saber medieval: a imprensa de tipos móveis.

"Então, subitamente, livros foram impressos em todo o mundo. Pouco antes da invenção do tipo móvel, em torno de 1450, não havia mais do que algumas dezenas de milhares de livros em toda a Europa, todos escritos à mão; cerca da mesma quantidade que a China no ano 100 A. C. e um décimo da grande Biblioteca de Alexandria. Cincoenta anos mais tarde, em 1500, havia 10 milhões de livros impressos ...

As grandes bibliotecas do mundo contemporâneo contêm milhões de volumes, o equivalente a cerca de 10^{14} bits de informação em palavras, e talvez 10^{15} em desenhos." (SAGAN [83], p. 281).

"A informação em palavras e desenhos de livros diferentes em todas as livrarias da Terra é algo como 10^{16} ou 10^{17} bits". (21)

A imprensa de tipos móveis pode ser considerada, ao lado do relógio mecânico e dos instrumentos óticos, uma invenção "proto-industrial", cujo significado para a evolução das comunicações é comparável ao da máquina a vapor para a produção, a distribuição e os transportes. Posteriormente, já em fase madura da Revolução Industrial, o telégrafo a ferrovia e o navio a vapor serão as invenções que irão nuclear o desenvolvimento das comunicações e dos transportes.

Até a primeira metade do século XIX, imensas extensões dos diversos continentes, à exceção da Europa, eram inteiramente e desconhecidas das sociedades ditas civilizadas, refletindo aí a fragilidade das relações comerciais entre as diversas partes do globo. Entretanto, o que mais tarde seria conhecido como "mercado mundial" estava já em gestação, em especial na expansão o do comércio marítimo inglês. Com ele, adensava-se já a rede de comunicações e transporte entre as várias regiões do mundo. Desde os primeiros exploradores do "Novo Mundo", cuja imagem é indissolúvelmente associada à expansão do comércio internacional, as mais remotas partes do mundo começavam a se ligar por meios de comunicação e transportes. No início do último quarto

de século, considerável parte do mundo já estava interligada por meios de comunicação e transporte que não tinham precedentes pela regularidade, capacidade de carga e acima de tudo, pela velocidade: a estrada de ferro, o barco a vapor, o telégrafo.

O transporte a grandes distâncias, típico do comércio internacional, vinha sendo feito quase que totalmente por via marítima desde a Antiguidade, o que essencialmente não se modificou até meados do século passado: nenhum continente era atravessado por estrada de ferro; estas só existiam nos EUA, onde não iam além de 200 milhas da costa (22). A expansão do comércio internacional na segunda metade do século corresponde a uma vigorosa expansão do transporte marítimo intimamente associada à hegemonia da marinha mercante britânica e ao predomínio do navio a vapor sobre as embarcações a vela.

O tremendo salto na velocidade dos meios de transportes verificado na segunda metade do século XIX não se deve essencialmente ao aumento na velocidade dos navios, mas principalmente à redução das distâncias que estes deveriam percorrer: a construção de estradas de ferro e canais ligando oceanos, mares e lagos interliga rotas marítimas, cortando caminhos por terra e redesenhando a rede internacional de transportes. Por outro lado, o escoamento da produção do "hinterland" é acelerado pelas ferrovias, que se constituem com a finalidade principal de ligar as áreas produtoras de bens primários aos portos, de onde tais bens poderiam ser enviados às áreas industrializadas do mundo. O papel dos novos meios de transporte é significativo como instrumento de expansão da economia europeia e em especial inglesa

em direção à formação de um mercado mundial, nos moldes de uma nova divisão internacional do trabalho. No pós-guerra, com a hegemonia americana, os transportes mantêm esse papel essencial.

"People must use the natural resources of the earth to satisfy the necessities of life, to provide food, clothing and shelter. Also, the earth's resources are used to provide much beyond the simple necessities of existence, items which make life more pleasant, comfortable, and rewarding. But the surface of the earth is not uniformly endowed with natural resources, and no location is sufficiently well-endowed to provide the standard of living found in most societies by drawing from only local resources. Thus, there is an almost universal requirement for transportation of things. In addition, since knowledge and skills are not always equal at various locations, there is often a need or an advantage to transporting persons to improve the material well-being of a society. Examples include the movement of doctors to treat the ill and the travel of technicians to assist in overcoming problems falling within their fields". (MOR-LOK [48], p. 32)

No terceiro quartel do século, assiste-se à expansão da rede ferroviária por quase toda a Europa e os EUA, e, em escala reduzida, na Ásia, África e América Latina. Em particular, o Brasil já contava em 1875 com mais de 1000 milhas de estradas de ferro. De 1840 a 1880, a extensão da rede mundial aumenta 50 vezes, transportando no final desse período cerca de 10 vezes mais carga que o transporte marítimo. (23).

Se o navio a vapor e a ferrovia revolucionaram os transportes em todo o mundo, contribuindo decisivamente para a expansão do comércio internacional na segunda metade do século XIX, a transformação experimentada pelas comunicações foi ainda mais radical, pois nesse mesmo período assiste-se à gênese das telecomunicações, com o advento do telégrafo. A velocidade das comunicações sofre um salto súbito, pois pela primeira vez é possível transmitir mensagens à distância instantaneamente. Este é o momento histórico em que a rede de comunicações se "descola" da rede de transportes (24). A decisiva aplicabilidade do novo meio de comunicação à atividade produtiva, comercial, política, administrativa e diplomática é de imediato reconhecida: entre 1840 e 1860 praticamente toda a Europa e os EUA instalam, por iniciativa estatal e privada, respectivamente, suas primeiras redes telegráficas. Dez anos mais tarde, os cabos submarinos, sob iniciativa privada, já interligavam praticamente todas as regiões mais urbanizadas do mundo. Assim, a comunicação entre dois pontos quaisquer era viável em menos de cinco minutos: as notícias não eram mais recebidas com atraso de dias, semanas ou meses, com há menos de um século, mas de forma praticamente instantânea. (25)

O impacto sobre todas as esferas da vida pública e privada foi decisivo. Expandiu-se o abismo entre as comunidades que tinham acesso às novas tecnologias e as demais, limitadas pela velocidade do transporte animal e do barco a vela. No contexto dos grandes centros urbanos, nenhum aspecto da vida cotidiana ficará imune ao impacto do novo "mundo unificado". No comportamento dos indivíduos, a convivência permanente e em

"tempo real" com as notícias de um mundo em mutação vai gerar novas atitudes e valores: a realidade cotidiana dos cidadãos é impregnada por fatos ocorridos simultaneamente nos locais mais remotos.

"The days already seem far behind, in which wars and other major events affected only a part of the world. Today, the awareness of world-wide interdependence increases at a fast pace - which is partly due to the daily reporting of the electronic media. Fluctuations such as student unrest and abductions of airplanes, but also protests against the slaughter of seal pups and dolphins and other ecological crimes spread quickly around the whole world. The same is true of scientific concepts and discoveries." (JANTSCH [10], pp. 199-200)

Assiste-se aqui mais uma vez a um fenômeno também marcante na Revolução Agrícola do Neolítico: um significativo aumento da população, intimamente relacionado às mudanças tecnológicas (aumento acelerado da produtividade industrial e expansão da esfera geográfica de sustentação das comunidades humanas). As complexas relações intersetoriais típicas da era industrial forjam um contexto onde não é mais aplicável a lei de Lardner, pois o pressuposto de produtividade uniforme da terra se rompe definitivamente. Entretanto, a sustentação das populações urbanas passa a repousar sobre a incessante extração, transporte e processamento de materiais orgânicos e inorgânicos sobre uma vasta rede de abrangência internacional. Assim, se entre caçadores-coletores nômades a esfera geográfica de atuação econômica de cada conglomerado humano não vai além de um raio de 10 km pa-

ra um grupo de não mais de 30 pessoas, com a Revolução Agrícola do Neolítico e a Revolução Urbana da Antiguidade essa relação passa a cerca de no máximo, 100km para 5000 pessoas, e com a Revolução Industrial a esfera de atuação econômica passa a abranger todo o globo, com diversos centros urbanos com mais de 1000000 de pessoas.

O porte da cidade moderna não é apenas limitado pela área geográfica da qual ela pode obter recursos, como propõe a lei de Lardner, mas, entre outros fatores, por considerações de mobilidade. Aqui, um aspecto crítico da cidade industrial é o tempo de viagem de ida e volta ao trabalho, pois a produção industrial promove uma ruptura entre os locais de trabalho e moradia, ainda coincidentes para o artesão e o servo feudal. Até meados do século passado, já em fase madura da Revolução Industrial, a maioria das pessoas tinha que ir e voltar do trabalho a pé, pois o custo do transporte por animal era proibitivo. Nestas condições, cada centro produtivo deveria recrutar empregados em um raio de cerca de 5km. Por outro lado, nessas cidades a atividade produtiva era tipicamente concentrada em um centro manufatureiro e assim seu tamanho máximo não excedia um raio de 5km de seu centro.(26)

Com o advento de bondes tracionados por cavalos com velocidade de cerca de 5 a 15km/h e tarifas baixas, o tamanho máximo das cidades expandiu-se consideravelmente. Posteriormente, com os bondes elétricos, ônibus, carros e metrô, bem como pontes, vias expressas e grandes avenidas, acelera-se a velocidade das viagens intra-urbanas, e a área metropolitana típica pode

estender-se por um raio de até 50 a 70km, com algumas pessoas viajando distâncias dessa ordem de grandeza para ir e voltar do trabalho. O processo de expansão das grandes metrópoles é evidenciado pela análise comparativa de mapas em sequência temporal: o reduzido tamanho no início da Revolução Industrial, a expansão em forma de estrela acompanhando os ramos ferroviários, o preenchimento das regiões antes vazias entre esses ramos. O padrão de difusão das residências e da atividade econômica nas metrópoles e os padrões de deslocamento de passageiros e carga têm íntima relação com a tecnologia de transporte e comunicação disponível. (27)

A explosão populacional do período corresponde à magnitude do avanço tecnológico: a população das maiores metrópoles tem crescido desde a Revolução Industrial, bem como o número de cidades com população acima de qualquer número dado de habitantes (Cf. MORLOK, [48], pp. 46-49) (28). A população dos EUA quase sextuplicou entre 1790 e 1850 e a do Reino Unido quase triplicou entre 1750 e 1850. Em escala mundial, a população passa de 500 milhões a 4 bilhões nos 200 anos que se seguem ao início da Revolução Industrial. (29)

IV.3.5. Um Mundo Unificado?

No final do século XIX, estão já implantadas, em caráter definitivo, as bases do novo mundo industrial. Para tanto, foram necessários séculos de maturação, em um longo processo de crise e dissolução da ordem feudal. A nível econômico, estão na origem do mundo industrial diferentes processos, referenciados na literatura econômica: as grandes navegações, a expansão do comércio marítimo e acumulação de riquezas na Europa, o "cercamento" e destruição da economia doméstica rural, a decadência do artesanato e das corporações de ofício medievais, a dissociação entre trabalhadores e meios de produção e a formação do proletariado "livre", a separação entre agricultura e manufatura, o surgimento de invenções radicais (a máquina a vapor), o aprofundamento da divisão do trabalho e a formação do mercado mundial (30). Não menos radicais e essenciais são as transformações e rupturas a nível cultural e filosófico, frutos de lutas ideológicas intensas e não dissociadas de conflitos políticos e combates armados. Toda uma nova cosmovisão emerge, dando origem a um novo marco referencial, viabilizador de uma transformação do mundo em lugar e instrumento da produção industrial: o dualismo cartesiano "res-cogitans" x "res-extensa" e a dessacralização da Natureza, a Revolução Científica do século XVII e a visão mecanicista do Universo, a Reforma. A gestação da concepção de mundo do "homo industrialis" é o processo através do qual as verdades inquestionavelmente auto-evidentes de nossa civilização

se formaram e prevaleceram enquanto tal: a crença no progresso, a idéia de que para todos os problemas há uma solução técnica possível. Todo este longo processo de gestação de uma nova ordem mundial não se realiza apenas no campo das idéias, mas tem seu marco político na crise do poder feudal e eclesiástico, nas chamadas revoluções burguesas e na gênese do Estado Moderno(31).

As potencialidades liberadas com a ruptura radical característica desta crise total da espécie darão ensejo à possibilidade de uma conquista do meio-ambiente em esferas crescentes de interferência e atuação do Homem, sob a égide da construção de um mundo humano estruturado em consonância com a cosmovisão mecanicista: decodificação das "leis" naturais a serviço do propósito de expansão do controle humano sobre a Natureza, resolução técnico-científica das crises, conflitos e dúvidas, crescente instrumentalização de matéria, energia e informação a serviço da produção, industrialmente organizada e sistematizada, dos recursos tidos como necessários e suficientes para um "bem-estar" humano, a par do ocultamento de nossa inescapável finitude como indivíduos e de nossa responsabilidade e participação no destino da espécie e do Cosmos (32).

A expansão do espaço geográfico "industrialmente" conquistado e dominado pelo homem terá na Informática e na Física Nuclear os meios de instrumentalização de quantidades ilimitadas de informação e energia. O porte dos conglomerados humanos, bem como seu raio de ação são agora tecnicamente ilimitados: a geopolítica segue-se a cosmopolítica.

A Informática e a Física Nuclear estão no cerne da crise total do mundo contemporâneo, caracterizada pela terceira grande ruptura na evolução socio-cultural do homo sapiens e a passagem para um modo de vida pós-industrial, cujos indícios se manifestam na crise da produção industrial, na expansão do chamado setor terciário da economia, no deslocamento dos polos de poder da indústria de transformação de materiais para a indústria da energia e do conhecimento, na informatização da produção industrial, dos serviços, do lazer e da guerra.

Os modernos meios de produção, de comunicação e de destruição derivam dos mesmos princípios e leis científicos e da mesma base tecnológica; enquanto cidadãos estamos sujeitos a seus impactos e não sabemos se poderemos controlar e imprimir um sentido deliberado às potencialidades existentes.

A evolução dos transportes e das comunicações poderão a curto prazo sofrer uma nova grande ruptura com o avanço da exploração espacial por meio de sondas, naves tripuladas e radioastronomia, que poderão nos levar até à interação com civilizações não humanas (33). Entretanto, sob a perspectiva da evolução socio-biológica, a superação das fronteiras da biosfera como único habitat da espécie dependerá ainda da superação de desafios característicos do atual estágio de "adolescência tecnológica" (C. Sagan), tais como os problemas de abastecimento e superpopulação e, principalmente, o impasse nuclear.

"A espécie humana está agora empreendendo uma grande aventura que, se bem-sucedida, será tão importante quanto a co-

ionização da Terra e a descida das árvores. Estamos rompendo as algemas da Terra através de tentativas e devagar - metaforicamente, confrontando e subjugando as admoestações dos cérebros mais primitivos em nós; fisicamente, viajando para os planetas e ouvindo as mensagens das estrelas. São dois empreendimentos indissoluvelmente ligados. Acredito que um seja condição necessária para o outro. Mas as nossas energias estão dirigidas mais para a guerra. E porque o que estamos fazendo é tão horrível, nossa tendência é não pensar muito a respeito." (SAGAN [8], p. 320).

"A escolha é rígida e irônica. As mesmas torres de lançamento de foguetes utilizados para lançar as sondas aos planetas são suspensas para enviar ogivas nucleares às nações. As fontes de poder radioativo na Viking e na Voyager derivam da mesma tecnologia que compõe as armas nucleares. As técnicas de rádio e de radar empregadas para orientar e guiar os mísseis balísticos e defender contra os ataques são também utilizadas para monitorizar e comandar a espaçonave nos planetas e para captar os sinais das civilizações próximas a outras estrelas. Se utilizarmos essas tecnologias para nos destruirmos, certamente não nos aventuraremos aos planetas e estrelas. O inverso também é verdadeiro. Se continuarmos rumo aos planetas e estrelas, nossos chauvinismos serão abalados ainda mais. Ganharemos uma perspectiva cósmica." (SAGAN [8], p. 339).

O arsenal tecnológico moderno oferece múltiplas potencialidades para o entendimento e a integração entre as comunidades humanas e mesmo para tentarmos integrar nossa civilização,

fruto do neocortex cerebral, a outras civilizações, frutos de outras formas mentais. Para tanto, somos dotados de sentimentos de solidariedade e amor e da capacidade de aprender pela reflexão e a experiêcia. Por outro lado, nossas propensões para a agressão, para o comportamento compulsivo, para a submissão a líderes e a concepções inquestionáveis e auto-evidentes, bem como nossos sentimentos de hostilidade e de medo diante de estranhos são heranças ainda vivas de nosso cérebro réptil, que, se bem que sempre estiveram presentes, de forma latente ou manifesta, no decorrer de toda nossa História, jamais tiveram à sua disposição, como hoje têm, um instrumento tão poderoso e mesmo decisivo, como o aparato tecnológico moderno.

"Vemos aqui um conflito entre nossas paixões e o que é algumas vezes chamado de nossos instintos mais puros; entre a parte reptiliana do cérebro, antiga e profunda, o complexo-R, responsável pela raiva assassina, e as partes mamífera e humana mais recentemente desenvolvidas, o sistema límbico e o córtex cerebral. (SAGAN [8], p.326).

A tradição do pensamento oriental oferece-nos um significado para o entendimento do atual momento de ruptura e incerteza, através do ideograma representativo do vocábulo chinês correspondente a "crise": este é formado pela justaposição dos ideogramas correspondentes aos termos "risco" e "oportunidade". Somos participantes de um novo momento crucial, onde potencialidades insuspeitadas poderão eclodir e se realizar na evolução socio-cultural e onde por outro lado o risco de perda parcial ou definitiva do caminho evolucionário é sem preceden-

tes. Justamente aí reside nossa responsabilidade. A chamada civilização pós-industrial será também pós-nuclear, ou não existirá. Nossa opção não poderá ser menor que escolher entre o "universo ou nada" (34).

NOTAS

(1) Para um aprofundamento, ver PRIGOGINE e STENGERS [4], cap. 5 ("Les trois stades de la thermodynamique"), em especial pp. 153-158.

(2) Para um aprofundamento, ver PRIGOGINE e STENGERS, [4], parte citada na nota (1). Ver também JANTSCH [10], cap. 2 ("Dissipative Structures: Autopoiesis"), em especial pp. 29-32.

A obra mencionada de Jantsch é, no contexto desta Seção IV.2, a referência principal.

(3) Cf. LEHNINGER [9], Vol. 1, Introdução ("A Lógica Molecular dos Organismos Vivos").

(4) Ver JANTSCH [10], parte II.

(5) Mencionado em SAGAN [8], p. 38 e LEHNINGER [9], pp. 15 e 16.

(6) Cf. SAGAN [8], p. 273.

(7) Ver MacLEAN [50]. Ver também JANTSCH [10], pp. 162 e segs., SAGAN [8], pp. 276 e 277 e RESTAK [51], pp. 49-56.

(8) Cf. MacLEAN [50], JANTSCH [10], p. 167 e RESTAK [51], pp. 56-71.

(9) Cf. MacLEAN [50] e JANTSCH [10], p. 168.

(10) Ver LEAKEY [22], pp. 97-109.

(11) Cf. Sahlins, citado em LEAKEY [22], pp. 97 e 98.

(12) "Mind is immanent, not in a solid spatial structure, but in the processes in which the system organizes and renews itself and evolves". (JANTSCH [10], p. 162).

(13) Uma comparação com as distâncias típicas percorridas diariamente pelos cidadãos das grandes metrópoles contemporâneas, utilizando modernos meios de transporte, para ida e volta do trabalho é ilustrativa: 10 milhas em Los Angeles, 9 milhas em Nova Iorque, 5 milhas na maioria das áreas urbanas americanas (Cf. GRAY [52]).

Já no caso das grandes metrópoles do chamado Terceiro Mundo, as distâncias típicas percorridas sem o uso de qualquer meio de transporte por parcela considerável da população é, curiosamente, dessa mesma ordem de grandeza: trata-se aqui de novos caçadores coletores nômades que habitam o mundo urbano moderno e

aqui desenvolveram notável habilidade e mobilidade.

Por outro lado, o limitante de 12kg permite calcular que, para cada caçador-coletor paleolítico corresponderia anualmente

35 t-km, aproximadamente, totalizando cerca de $50 \cdot 10^6$ t-km para toda a população no início da Revolução Agrícola. No Brasil contemporâneo, transporta-se, através dos modos aéreo, dutoviário, ferroviário, hidroviário e rodoviário, cerca de 10000 vezes mais, em termos de t-km, para uma população apenas 10 vezes superior. (Cf. Capítulo V, Quadro V.13).

(14) é curioso comparar este fato com a constatação feita por Modak e Patkar quanto ao número de pessoas com as quais cada cidadão da Bombaim contemporânea têm laços vitais de comunicação:

"Most business and social relations could be satisfactorily maintained by telephonic linkage with less than 20 contact points." (Cf. MODAK e PATKAR [53], pp.12 e 13).

(15) Os fluxos de comunicações estão restritos aos ramos da rede de transportes nas sociedades onde os meios de telecomunicações não são disponíveis, de tal forma que, nessas sociedades, a rede de comunicações praticamente se identifica com a rede de transportes de pessoas. A ruptura definitiva dessa restrição dá-se historicamente pelo advento da telegrafia, muito embora em determinados contextos anteriores a esta inovação já se fizesse uso efetivo de comunicações desvinculadas do deslocamento de pessoas ou mesmo de objetos. Tal é o caso do pombo correio e de outros animais desde a Antiguidade (ainda eram utilizados cães para levar mensagens nos fronts da Primeira Guerra Mundial), dos sinais de fumaça dos índios da América do Norte, da comunicação entre as torres da Grande Muralha da China desde o século XI A. C., que foi utilizada por 2000 anos para dar suporte à defesa, ao comércio e aos transportes (Cf. documentado no pavilhão da República Popular da China na EXPO 86 em Vancouver) e dos tambores dos nativos africanos. (Cf. KEMP (1971))

(16) Cf. MORLOK [48], p. 54.

(17) Cf. MORLOK [48], p. 54 e HOBBSAWM [49], pp. 27 e 28.

(18) Cf. MORLOK [48], p. 54.

(19) O congestionamento do tráfego urbano tem sido uma característica invariante desde a Antiguidade, tendo os romanos e chineses imposto leis regulando o tráfego urbano, independentemente, há cerca de 2000 anos (Cf. MORLOK [48], p. 54).

(20) Cf. HOBBSAWM [49], p. 27.

(21) Naturalmente, grande parte dessa informação é redundante. A estimativa apresentada diz respeito tão somente a uma avaliação da ordem de grandeza da quantidade de informação sem considerar seu valor semântico. A esse nível estritamente quantitativo, todos os livros do mundo não contêm mais informação que a transmitida no vídeo dos televisores em uma única cidade americana em um único ano. (Cf. SAGAN [8], p. 270).

Embora a distinção entre a quantidade de informação medida em bits e o valor semântico dessa informação seja importante a ponto de relativizar quaisquer avaliações quantitativas como as aqui propostas, por outro lado tem-se aqui também um indicativo do potencial de armazenamento e difusão de informações semânticamente valiosas por meio de redes telemáticas: por exemplo, o número total de bits que caracteriza um programa de televisão

12

com uma hora de duração é de 10^{12} . Compare-se também a capacidade de uma fitoteca de porte médio de um centro de processamento de dados de uma universidade (cerca de 20 Gbytes - dados colhidos juntos à fitoteca do NCE/UFRJ) com a das maiores bibliotecas do mundo. Aperfeiçoando-se o conteúdo semântico das mensagens portadas pelos meios telemáticos, abrangendo-se não somente valores numéricos e estruturas rigidamente codificadas mas também, e principalmente, estruturas flexíveis, abertas, auto-reprodutivas e evolutivas de conhecimento, capazes de suportar conteúdos e procedimentos típicos do cérebro réptil, do sistema límbico e do neocórtex cerebral, estarão abertas perspectivas praticamente ilimitadas, ao menos ao nível técnico, para a evolução cultural da Humanidade. Esta proposição corresponde à projeção de computadores idealizados como estruturas dissipativas, conceito originário da Bioquímica Molecular e coerente com os fundamentos das modernas gerações de equipamentos e da inteligência artificial.

(22) Cf. HOBBSAWM [54], pp. 71.

(23) Cf. HOBBSAWM [54], pp. 72 e 73.

(24) Significativamente, o momento histórico em que a Humanidade conquista o poder de comunicação à distância, independentemente do transporte de objetos portadores de mensagens, é o momento em que se inicia o processo de deterioração progressiva da mais extensa e eficiente rede de telecomunicações até então existente na Terra. O cérebro de determinados animais superiores já havia sido capaz de gerar e manter por dezenas de milhões de anos um sistema de telecomunicações por ondas de áudio na faixa de frequência em torno de 20 Hz, de extensão planetária, capaz de transmitir mensagens de até cerca de 10 Mbits.

O advento do navio a vapor, simultaneamente ao telégrafo, vem provocar interferências suficientes para comprometer a performance desse sistema, o qual entra em colapso com a acelerada expansão do transporte marítimo, os testes nucleares nos oceanos e a disseminação da caça tecnicizada aos grandes cetáceos. A Humanidade tem assim desperdiçada a oportunidade de aprender, pela convivência e o diálogo, os princípios de funcionamento de um sistema planetário de telecomunicações que a precedeu e foi muito bem sucedido por dezenas de milhões de anos. (Cf. SAGAN [8], pp. 270-273)

(25) Cf. HOBBSAWM [54], p. 7.

(26) As informações relativas à velocidade de meios de transporte e ao porte das cidades, que se seguem, são extraídas de MORLOK [48], pp. 46-47.

(27) O processo de transformação e expansão das grandes cidades guarda uma curiosa analogia com a evolução do cérebro: a superposição de novas estruturas de transporte e de comunicações, mediante um processo conjugado de substituição/complementação/preservação de estruturas arcaicas, é fator essencial tanto no processo evolutivo das cidades como no do cérebro.

"A maioria das grandes cidades do mundo cresceu ao acaso, pouco a pouco, em respeito às necessidades do movimento; muito raramente uma cidade é planejada para um futuro remoto. A evolução de uma cidade é como a evolução de um cérebro: desenvolveu de um pequeno centro, crescendo e se alterando lentamente, deixando muitas partes antigas ainda em funcionamento ... O cérebro (também) deve funcionar durante a renovação. É o porquê do tronco cerebral ser circundado pelo complexo R, depois pelo sistema límbico e, finalmente, pelo córtex cerebral. As partes antigas são responsáveis por muitas funções fundamentais para serem todas substituídas ..."

Na cidade de Nova Iorque, a disposição de muitas das principais ruas data do século XVII; os armazéns, do século XVIII; o abastecimento hidráulico, do XIX; e o sistema de luz e força, do XX. A disposição seria mais eficiente se todos os sistemas cívicos fossem construídos em paralelo e restabelecidos periodicamente ... Mas o acréscimo lento de novas funções permite à cidade trabalhar mais ou menos de modo contínuo através dos séculos. No século XVII viajava-se de Brooklyn a Manhattan pelo East River de barco. No XIX, a tecnologia tornou possível a construção de uma ponte suspensa sobre o rio. Foi construída precisamente no local do terminal das barcas, tanto porque a cidade ganhou a terra, como também porque as principais vias públicas já convergiam para o serviço preexistente. Mais tarde, quando foi possível construir um túnel sob o rio, também este foi construído no mesmo local pelas mesmas razões, e também porque pequenos precursores abandonados dos túneis ... já tinham sido embasados durante a construção da ponte. Este uso e reconstrução de sistemas prévios para novos propósitos é muito parecido com os padrões de evolução biológica." (Cf. SAGAN [8], p. 279).

(28) As relações entre o porte das grandes metrópoles e a atividade de transportes é bem ilustrada pelo caso da região metropolitana de Nova Iorque. Para os anos de 1962 e 1963, excluindo-se o caso de transportes de carga através da região, um total de 200 milhões de t e 97 milhões de t adentrou e saiu da região, respectivamente, e 270 milhões de t foram movimentadas no interior da região. Isto corresponde a uma média de 11t e 5t de "importação" e "exportação" por habitante, em contraste com a média da nação americana de 27t/habitante em ambos os sentidos. O transporte de longa distância por via ferroviária e aquaviária são consideráveis, pois Nova Iorque é fortemente dependente de mercadorias provenientes de locais distantes bem como envia mercadorias industrializadas e semi-industrializadas para regiões distantes. (Cf. MORLOK [48], p. 42).

(29) Cf. LEAKEY [22], p. 200.

(30) Para um aprofundamento ver MARX [55], capítulo 24 ("A Chamada Acumulação Primitiva").

(31) Para um aprofundamento, ver BARTHOLO JR. [2], em especial o capítulo I ("Die Natur als eine Faktenaussehenwelt").

(32) Esse ocultamento é condição necessária do vazio ético sobre o qual repousa o desenvolvimento científico e tecnológico moderno. A satisfação dos desejos e necessidades humanos mediante a aquisição de bens e serviços "industrialmente" produzidos pretende a eliminação, pela aplicação da técnica a todas as esferas da vida humana, da angústia existencial intrínseca a um ser ao mesmo tempo biológico e cultural, capaz de reconhecer e refletir o infinito e consciente da inevitabilidade de seu próprio fim. Para um detalhamento, ver ILLICH [13], [14] e BARTHOLO JR. [2], em especial os capítulos I e II ("H. Jonas und die Ethik der Verantwortung").

(33) Os meios de transportes e comunicações podem ser instrumentos da construção de nichos humanos no espaço até o final do século, a serem habitados por tripulações em regime de revezamento, e que futuramente servirão como bases para excursões mais ambiciosas em direção ao espaço interplanetário e interestelar. Seremos inicialmente nômades no espaço, colonizaremos outros planetas, seremos um dia sedentários nos habitats extra-terrestres? Que transformações profundas em nosso interior, em nossa maneira de conceber a nós mesmos e ao Cosmos, acompanharão, ou já acompanham, esse processo? Estas são questões pouco explicitadas e pouco explicitáveis por um desenvolvimento científico e tecnológico que floresceu sobre as condições de um vácuo ético.

Ver a respeito SAGAN [8], pp. 286-289 e capítulo XIII ("Quem Responde pela Terra?") e BARTHOLO JR. [2], capítulos I e II.

(34) Cf. SAGAN, [8], p. 339, citando H. G. Wells.

Uma tentativa de interpretação socio-biológico-cultural, seja da evolução dos transportes e das comunicações, seja das diferentes formas de uso da energia, que pretenda buscar um significado para o mundo contemporâneo e o futuro, convergirá para a defrontação com um profundo impasse a nível ético e com um compromisso e responsabilidade maiores, não apenas ao nível do social, mas remetidos ao nível da espécie e do Cosmos.

Esse sentimento de responsabilidade começa a se expressar em nossos dias, ainda que de forma incipiente e difusa, através dos movimentos ecologistas e pacifistas, assim como do posicionamento, frequentemente acompanhado de profundas revisões a nível pessoal, de destacados pensadores, cientistas e estadistas (Cf. TOYNBEE [56], pp. 684-723) e WEISZACKER [16]).

CAPÍTULO V

BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

V.1. BREVE HISTÓRICO: O SETOR DE TRANSPORTES E O USO DE ENERGIA

O processo de ocupação do espaço geográfico brasileiro por parte dos colonizadores teve início em núcleos isolados ao longo do litoral, que funcionavam como polos de importação e exportação de uma economia baseada no extrativismo e na agro-pecuária.

À medida que se expandia a fronteira extrativista e agro-pecuária, bem como o espaço geográfico de hegemonia sobre as populações nativas, delineava-se e expandia-se no interior do território uma rede de transportes, instrumento de ligação dos núcleos de exploração no interior com os portos litorâneos. Es-

sa rede é inicialmente formada por trilhas abertas nas florestas e sertões, em função da busca por assim dizer heurística dos melhores caminhos para escoamento de riquezas. Também são aproveitadas as facilidades existentes para o transporte por hidrovias, o qual é fator decisivo na implantação de núcleos de exploração no interior e na ocupação do território. A integração do país ao comércio internacional é aí fator de maior importância na estruturação "espontânea" da malha de transporte interno. (Cf. Capítulo IV, Seção IV.3.4).

A energia solar, em última instância, movia então nosso sistema de transportes: energia humana, animal, dos rios e dos ventos deslocava materiais e homens e impulsionava as transformações ambientais ditadas pelos propósitos colonizadores, em um estilo tecnológico pré-industrial.

Nesta primeira configuração, as redes de transporte e de comunicações eram coincidentes, uma vez que os portadores das mensagens necessariamente deviam se deslocar ao longo das vias físicas de transporte disponíveis. (Cf. Capítulo IV, Seção IV.3.4).

Com o advento da Revolução Industrial, permanecendo nossa economia fundamentada no setor primário, o fluxo de mercadorias do interior à costa é dinamizado pela implantação de caminhos ferroviários, cujo objetivo primordial é ainda o escoamento de produtos primários para o litoral, podendo-se aí afirmar que o comboio ferroviário representa uma primeira presença do novo mundo industrial em nossas terras. O telégrafo é aqui

também um elemento do impacto da Revolução Industrial sobre o sistema agro-extrativo-exportador brasileiro. Implantando-se inicialmente como sistema de apoio ao transporte ferroviário, o sistema brasileiro de telegrafia se expande, integrando-se ao sistema de correios. Transporte ferroviário e comunicações via telégrafo são os exemplos mais marcantes de inovações tecnológicas introduzidas no país no limiar da industrialização. A descendência direta das inovações radicais da Revolução Industrial (máquina a vapor e imprensa) é clara e significativa (Cf. Capítulo III). De uma forma geral este era o perfil ainda prevalente em nossos transportes até o início da Segunda Grande Guerra Mundial: trilhas de terra, trechos de rios e caminhos de ferro, pouco interligados entre si, e voltados primordialmente para o escoamento de produtos primários. As próprias limitações do mercado interno restringiam o transporte de cabotagem, quando existente, à troca de umas poucas mercadorias entre as aglomerações litorâneas. Por outro lado, o regime de exploração das ferrovias então existente, qual seja, o de concessões a empresas privadas, em pouco contribuiu para a integração entre os diferentes eixos e modos de transporte.

A partir da década de 1940, com a política conhecida como de substituição de importações, os transportes recebem considerável impulso, em grande parte em virtude do redirecionamento da demanda em termos de padrão de dispersão geográfica. Mais que os fluxos altamente concentrados que predominavam nos deslocamentos de importação/exportação, o parque industrial em vias de instalação requeria a interligação dos mercados produtores e consumidores no país.

A escassez de capital para investimento em infra-estrutura ferroviária, a dispersão geográfica dos nós da rede, os interesses vinculados à implantação de uma indústria automobilística e razões geopolíticas (ocupação do território), explicam, ainda que parcialmente, a opção brasileira pelo transporte rodoviário. A implantação da indústria automobilística nacional na década de 50 e a criação do Fundo Rodoviário Nacional foram acontecimentos decisivos para a efetivação do rodoviarismo brasileiro, pois por um lado gerava-se a demanda por infra-estrutura rodoviária e, por outro, proporcionava-se a fonte de recursos financeiros necessários à expansão da oferta.

Assim, a modalidade rodoviária foi favorecida até à chamada "crise do petróleo". Os custos relativamente baixos de implantação da infra-estrutura propiciaram a interligação de parte considerável do território nacional por meio de uma rede de rodovias estaduais e federais. Os preços relativamente reduzidos do petróleo contribuíram para minorar o impacto da crescente dependência de todo o sistema com relação a esse recurso energético.

Pode-se avaliar a importância do transporte rodoviário sobre a demanda por energia pelo fato de que, na última década, esta modalidade de transporte é responsável por entre 16% e 21% de todo o consumo final energético do país, e por mais de 80% da energia consumida em transportes (vide Figura V.2) (1). Note-se que estas considerações ainda são válidas no período pós-crise do petróleo, abrangendo a recessão econômica recente, fatores

esses que contribuíram para inibir a expansão do transporte rodoviário. Mesmo assim, este setor incide com considerável peso sobre a demanda por derivados de petróleo, sendo responsável, na década, por 60 a 70% do consumo de óleo diesel e praticamente 100% do consumo de gasolina, totalizando mais de 40% de todo o consumo de derivados de petróleo no país. (Vide Figuras V.5, V.8 e V.10) (2).

As Figuras V.1 e V.2 permitem observar ainda alguns padrões, bem como reversões de tendências, no consumo energético: a partir de 1983, o consumo energético do setor residencial supera pela primeira vez o do setor de transportes; a participação deste último decresce no período estudado.

Por outro lado, das Figuras V.5 e V.6, observa-se declínio significativo do consumo de derivados de petróleo na indústria, associado ao período recessivo de 1981 a 1984. Destaca-se também o crescimento do consumo de derivados no setor público, no residencial e no agropecuário, mesmo no referido período recessivo, a par do padrão relativamente estável do consumo de derivados no setor de transportes.

Guardadas as restrições quanto ao elevado nível de agregação dos dados, notam-se aqui, através de reversões no padrão de uso de energia, indicadores de tendências de desativação do setor secundário e de ativação do primário e terciário, bem como de desinvestimentos em energia para atividades de deslocamento de pessoas e materiais, a par de investimentos dessa natureza em atividades tipicamente sedentárias. Se tais fatos

podem ser considerados prenúncios da tendência à informatização da sociedade e ao avanço do setor serviços na economia, simultaneamente são eles também indicativos do aprofundamento do papel primário-exportador do país no cenário da economia internacional.

As tendências do consumo energético nos diferentes setores da economia são melhor ilustradas pelo estudo das taxas médias anuais de crescimento. Para tanto, realizou-se estudo de regressão logarítmica (3), tendo como variáveis dependentes o consumo de óleo diesel, óleo combustível, gasolina, álcool e total da energia secundária em diferentes setores e, como variável independente, a escala de tempo em anos. Os ajustes obtidos foram em geral satisfatórios, permitindo uma avaliação de tendências. Os resultados obtidos encontram-se na Figura V.11.

Os setores agropecuário, público e rodoviário, nesta ordem, apresentaram os maiores ritmos de crescimento do consumo de óleo diesel, superiores ao da economia como um todo. É surpreendente a elevada taxa de crescimento do consumo de óleo combustível no setor público, tendo em vista que este insumo vem decrescendo em termos absolutos na economia como um todo. O consumo de gasolina, concentrado quase exclusivamente no subsector de transporte rodoviário, tende a decrescer no período considerado, enquanto o consumo de álcool cresce a taxas elevadas, evidenciando-se a substituição entre esses dois insumos energéticos. Por outro lado, a expansão recente das fronteiras do cultivo da cana de açúcar para produção de álcool explica o crescimento explosivo da demanda energética do setor agropecuário-

rio. Enquanto elemento produtor e consumidor de energia, o setor agropecuário tem entretanto apresentado saldo positivo: enquanto o consumo energético do setor cresce de 1284 para 3494 TEP/ano no período considerado, o consumo de álcool etílico na economia cresce de 403 para 6154 TEP/ano no mesmo período.

O consumo total de energia secundária cresceu mais rapidamente nos setores agropecuário, público, residencial e comercial, nesta ordem, sendo a taxa de crescimento nesses setores superior à da economia como um todo. Fato significativo, os setores nos quais esse consumo cresceu mais lentamente são os de transporte aquaviário, rodoviário, ferroviário e aéreo, nesta ordem, corroborando a tese de desinvestimento em atividades de transporte, a par do crescimento do setor serviços e do aprofundamento da "vocação" primário-exportadora da economia.

Para um melhor entendimento dos diferentes processos de substituição em pauta, realizou-se um exercício de análise de regressão logarítmica (4) entre variáveis que supostamente guardavam relações de substituição ou complementaridade. Uma primeira avaliação dos diferentes processos de substituição existentes é dada pela medida da elasticidade marginal de substituição entre duas variáveis y e x , dada por

$$\frac{dy}{dx} \cdot \frac{y}{x} = \frac{d(\ln y)}{d(\ln x)}$$

Assim, a elasticidade marginal de substituição é a medida algébrica, expressa em termos relativos ou percentuais, da variação em y decorrente de uma variação infinitesimal em x . No

caso de regressão logarítmica em ambas as variáveis, essa elasticidade é idêntica ao coeficiente angular da reta de regressão. Os ajustes obtidos foram bastante satisfatórios e os resultados encontrados encontram-se na Figura V.12.

Observam-se dois casos a considerar, caracterizados por valores negativos e significativos da taxa marginal de substituição:

- a gasolina e o álcool no transporte rodoviário
- a gasolina no transporte rodoviário e o consumo de fontes secundárias no setor residencial

Ambas as observações vêm confirmar tendências já observadas anteriormente: substituição entre dois insumos energéticos e investimento/desinvestimento em atividades sedentárias "versus" atividades de transporte.

Tais constatações evidenciam o interesse em políticas que contribuam para a redução/substituição do consumo de combustível por parte do setor de transportes, em particular do transporte rodoviário. Entre as medidas que podem contribuir nesse sentido incluem-se:

- uso de fontes alternativas, preferivelmente renováveis, de energia
- controle de preços sobre combustíveis e tarifas e incentivo a modos de transporte de maior eficiência energética
- otimização do fluxo de transporte

Nesse sentido, a política governamental recente tem dado ênfase à utilização dos modos de transporte eficientes sob o ponto de vista energético, não tanto através de controle sob os preços dos combustíveis, como através da chamada "política de integração dos transportes". Tanto no transporte de cargas como no de passageiros suburbanos vem o governo federal efetuando investimentos na construção ou recuperação de sistemas de transporte ferroviário. Entretanto, as severas limitações de recursos para aplicação no setor fazem com que a política atual dê ênfase ao uso eficiente da infraestrutura existente, otimizando assim o uso dos recursos disponíveis.

Diversos estudos e projetos têm sido desenvolvidos no país, quer a nível de prospecção de mercado e de impactos de novas tecnologias, quer da inovação tecnológica, objetivando dar subsídios à implantação de tais medidas, em alguns casos com resultados e aplicações concretas.

Em comparação com tais estudos, o objetivo deste trabalho é o de explorar as potencialidades de um outro tipo de recurso, raramente cogitado como instrumento de apoio aos esforços que visam reduzir a demanda energética nos transportes ou melhorar a eficiência energética dos sistemas de transportes: as aplicações de telecomunicações e informática à programação, gerência e mesmo substituição das atividades de transporte.

V.2. DISTRIBUIÇÃO INTERMODAL: OS DIFERENTES MODOS DE REALIZAÇÃO DE TRABALHO NOS MODERNOS SISTEMAS DE TRANSPORTES

V.2.1. Transporte Interurbano de Carga

A prioridade concedida à expansão do rodoviário brasileiro é bem expressa na participação do transporte rodoviário em 70% do transporte doméstico de carga, medido em toneladas-quilômetro úteis, fato que pouco se alterou nos anos recentes (Ver Figura V.14). Enquanto o total do transporte doméstico duplicou no período de 1970 a 1984, os volumes movimentados pelo transporte aéreo e dutoviário praticamente cresceram por um fator de 6, o transporte ferroviário triplicou, o hidroviário cresceu por um fator de 2.4 e o rodoviário por um fator de 1.8 (Cf. Figura V.15).

É aqui importante notar que, a par da violenta expansão da demanda por transporte, bem expressa na Figura V.15, há ainda uma mudança qualitativa dessa demanda: mercadorias de maior densidade de valor são preferencialmente deslocadas através dos modos mais rápidos e confiáveis (rodoviário e aéreo), ficando o transporte ferroviário e hidroviário com mercadorias de menor densidade de valor, tais como os grãos líquidos e sólidos.

Assim, em termos do valor transportado (e do conseqüente potencial de tarifa), a prevalência do transporte rodoviário e aéreo sobre os demais modos é algo maior que o quantitativamente expresso na Figura V.14.

Em resumo, pode-se afirmar que o transporte doméstico de carga no Brasil é predominantemente feito pela via rodoviária, tanto em termos quantitativos (toneladas-quilômetro transportadas) como qualitativos (valor da carga transportada).

V.2.2. Transporte Interurbano de Passageiros

No transporte interurbano de passageiros, é ainda mais evidente a predominância da modalidade rodoviária, conforme se depreende da Figura V.17, notando-se ainda o declínio do transporte ferroviário, a quase extinção da navegação de cabotagem, a par da vigorosa evolução do transporte aéreo, cujo volume de passageiros-quilômetro quintuplicou no período de 1970 a 1984 (Cf. Figura V.18).

V.2.3. Transporte Urbano

Uma avaliação dos principais fluxos de transporte intraurbano somente poderá ser feita em bases aproximativas, uma vez que não se dispõe de um método sistemático para monitoramen-

to dos deslocamentos de passageiros e carga nas áreas urbanas. As informações disponíveis são provenientes de diversos estudos, onde falta a necessária coerência metodológica e conceitual (entre tais fontes, deve-se mencionar estudos de transporte coletivo em regiões metropolitanas feitos pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (BEIPOT), estudos realizados por prefeituras municipais e pelas Companhias do Metrô do Rio de Janeiro e de São Paulo).

Entretanto, é possível avaliar a predominância das modalidades rodoviárias (automóvel e ônibus) sobre as demais (Cf. Figura V.19). O impacto de tais modalidades do transporte urbano sobre o consumo de gasolina e óleo diesel vem motivando o investimento governamental na construção de metrôs e na melhoria dos sistemas de transporte ferroviário suburbano e de trolebus. Tais fatos se refletem no considerável aumento da participação do transporte ferroviário e, em menor escala, do trolebus, no número total de viagens realizadas (Cf. Figura V.19). As principais melhorias em vias de implantação nos sistemas de transporte ferroviário suburbano devem beneficiar particularmente os grandes centros urbanos (Porto Alegre, Belo Horizonte, Salvador, Recife, Fortaleza, Rio de Janeiro e São Paulo), permitindo atender melhor à demanda crescente (Vide Figura V.20). Também foram beneficiados pelo apoio federal os sistemas de trolebus que servem São Paulo, Recife, Santos e Araraquara.

V.2.4. Transporte Internacional

O transporte internacional de carga é predominantemente efetuado por via marítima, sendo a participação do transporte aéreo restrita a mercadorias de alto valor específico (Vide Figuras V.21 e V.22). A participação do transporte rodoviário de carga, a nível internacional, é bastante restrita, enquanto a do transporte ferroviário é praticamente inexistente.

O transporte internacional de passageiros é feito basicamente pelas vias aérea e rodoviária, sendo irrelevante a participação das demais modalidades. As Figuras V.23 e V.24 apresentam a movimentação de passageiros em viagens internacionais, pelo transporte aéreo e rodoviário, respectivamente.

V.3. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE

As informações disponíveis permitem uma primeira avaliação, ainda que aproximativa, da eficiência energética dos diferentes modos de transporte.

A eficiência energética de um sistema pode ser medida

pela razão entre energia ofertada ou trabalho realizado e energia consumida. Assim por exemplo apontaram-se neste Capítulo indicações de que o setor agropecuário no Brasil é energeticamente eficiente, se considerarmos seus insumos de diferentes formas de energia e a produção de álcool etílico como parte de seu "output". (Cf. Seção V.1).

No caso de sistemas de transportes, o trabalho realizado pode ser estimado pelo valor da t-km, uma vez que este corresponde conceitualmente ao trabalho mecânico (produto escalar entre força e deslocamento) (5). Por outro lado, a energia consumida é simplesmente dada pelo consumo de todas as formas de energia por parte do sistema.

A eficiência energética dos diferentes modos de transporte, assim calculada, é apresentada na Figura V.25, e permite concluir que as tendências verificadas anteriormente de predomínio do modo rodoviário no transporte de passageiros e cargas, o declínio do transporte aquaviário e ferroviário e a vigorosa expansão do transporte aéreo, ainda que explicáveis por raízes históricas, apontam precisamente na direção contrária à da alocação ótima de recursos energéticos.

V.4. A INTEGRAÇÃO DOS TRANSPORTES, A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O PAPEL DAS COMUNICAÇÕES

Atualmente, um dos aspectos mais críticos para a definição de uma Política de Transportes é o de efetuar a integração física e tarifária das diversas modalidades. A mera comparação entre as eficiências de meios de transportes distintos não é conclusiva e não deve levar a opções excludentes por esta ou aquela modalidade de transportes; ao contrário, procura-se atualmente a adoção de sistemas conjugados de modalidades que, operando de forma integrada, minimizem os custos satisfazendo às necessidades de deslocamento.

As diferentes soluções tecnológicas adotadas na integração devem ser entendidas à luz da subdivisão da operação de transportes em três etapas típicas: a coleta de carga ou passageiro, o deslocamento propriamente dito e a distribuição ao destino final. Entre cada uma dessas etapas, pode ou não haver mudança de modalidade de transporte.

A cada etapa e a cada transbordo pode-se associar um custo, o qual engloba não apenas os custos diretos preenchidos pelo usuário (tarifas, seguros, etc.), como também aqueles associados ao tempo consumido e ao risco. Embora para cada caso es-

pecífico existam variações, pode-se afirmar que o objetivo maior da integração física e/ou tarifária entre as modalidades de transportes é reduzir a parcela de custos localizada nos transbordos, constituindo-se assim em instrumento de melhoria da eficiência do sistema a investimentos relativamente baratos.

Assim, entre as soluções tecnológicas mais conhecidas para a integração física e tarifária de diferentes modos de transporte, pode-se mencionar as seguintes:

- no transporte aquaviário, o "pré-ligamento" de sacarias, facilitando seu manuseio, os "containers", os sistemas "roll-on-roll-off", os portos especializados (por exemplo, em granéis sólidos e líquidos);

- no caso da integração rodo-ferroviária, os "containers" em vagão-prancha (entre eles o "piggy-back") e os "corredores de exportação" (estes podendo ainda abranger o transporte aquaviário);

- no transporte aéreo, a unitização e containerização;

- no transporte terrestre de passageiros, os sistemas ferrovia-metrô-ônibus, e, no caso de viagens de ida-e-volta ao trabalho, os sistemas muito difundidos na Europa e América do Norte: "park-and-ride" e "kiss and ride" (integração entre veículo particular e transporte de massa).

As etapas de coleta, deslocamento e distribuição requere-

rem, em cada situação específica, tecnologias apropriadas em termos de capacidade e eficiência energética. O estado da arte deve ser avaliado pela competência em aprender a harmonizar diferentes modos de transporte e em aprimorar os métodos de gerência das facilidades existentes, de modo a otimizar o casamento das impedâncias existentes entres os diferentes modos.

É justamente neste ponto que o uso integrado de informática e telecomunicações desempenham um papel chave; o fluxo eficiente de informações apropriadas, rápidas e confiáveis é fundamental ao processo de gerência integrada de modos de transporte de características técnico-operacionais distintas. Nas palavras de N. R. Castro, "as tarefas administrativas de uma empresa de transporte não são desprezíveis. Embora as operações individualmente sejam simples, as dificuldades de controle e planejamento crescem geometricamente com o volume de lotes, dispersão da malha de transportes, etc.. Já foi observado por empresários do setor que um processamento eficiente da informação (dados e documentos) é tão importante para o sucesso de uma empresa de transporte quanto o uso eficiente dos equipamentos e terminais. Melhor dizendo, a eficiência de ambas as atividades são simultaneamente determinadas" (Cf. CASTRO [57], p.5).

NOTAS

(1) As Figuras encontram-se a partir da próxima página.

(2) A queda significativa verificada no consumo de gasolina a partir de 1980 (Cf. Figura V.10) reflete os efeitos de implantação do Proálcool, e repercute na redução do consumo de derivados de petróleo (Cf. Figura V.4). Deve-se entretanto notar que parcela significativa dessa redução é originada do declínio da demanda de derivados do setor industrial em função da conjuntura recessiva recente e da política de substituição do consumo de derivados na indústria (Cf. Figura V.4).

(3) Foi utilizado o "PECS", Pacote Estatístico para Ciências Sociais, "software" desenvolvido na UFRJ para aplicação em micro-computadores. (Cf. BOMFIM et alii [58]).

(4) Também neste caso foi utilizado o "PECS". (Cf. nota (3)).

(5) No caso do transporte de passageiros, pode-se avaliar o trabalho realizado em t-km, desde que se estabeleça um determinado valor médio para o peso por pessoa.

Figura V.1. Balanço Energético Consolidado (10 TEP) (inclui todas as formas de energia)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
CONSUMO FINAL	87484	93205	101603	107461	115834	123629	128242	124826	129484	134456	142761
Cons.Final En.	81542	86512	94659	99832	106443	113646	118359	114645	118444	122396	129697
Setor Energét.	2822	3006	3322	3614	4400	5136	5322	5443	6386	7977	9127
Residencial	20042	20598	21451	21844	22268	22787	23406	23932	24679	25412	26093
Comercial	3001	3299	3617	3812	4147	4496	4881	4975	5293	5689	5928
Público	1798	2031	2178	2429	2644	2885	3179	3361	3679	4092	4309
Agropecuário	4044	4242	4994	5192	5587	5844	6272	6577	6553	6672	
Transportes	20071	21236	22520	22292	24124	25574	24872	24537	25493	25119	25188
T. Rodoviário	16491	17539	18488	18666	20163	21050	20842	19968	20926	20824	20858
T. Ferroviário	696	715	754	728	733	795	845	836	855	888	903
T. Aéreo	1217	1292	1431	1460	1498	1716	1703	1899	1929	1807	1718
T. Hidroviário	1667	1689	1847	1438	1730	2013	1482	1834	1783	1608	1709
Indústria	29756	32077	36577	40624	43511	46923	50427	45820	46125	47512	52337

Fonte: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1993)

Figura V.2. Balanço Energético Consolidado (% do consumo final energético) (inclui todas as formas de energia)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Setor Energ.	3.46	3.47	3.51	3.62	4.13	4.52	4.50	4.75	5.39	6.52	7.04
Residencial	24.58	23.81	22.66	21.88	20.88	20.05	19.78	20.87	20.84	20.76	19.59
Comercial	3.68	3.81	3.82	3.82	3.89	3.96	4.12	4.34	4.47	4.65	4.57
Público	2.20	2.35	2.30	2.43	2.48	2.54	2.69	2.93	3.11	3.34	3.32
Agropecuário	4.94	4.90	5.28	5.20	5.16	5.14	5.30	5.74	5.69	5.35	5.14
Transportes	24.61	24.55	23.79	22.33	22.62	22.50	21.01	21.40	21.52	20.52	19.42
T. Rodoviário	20.22	20.27	19.53	18.70	18.91	18.52	17.61	17.42	17.67	17.01	16.08
T. Ferroviário	0.85	0.83	0.80	0.73	0.69	0.70	0.71	0.73	0.72	0.72	0.70
T. Aéreo	1.49	1.41	1.51	1.46	1.40	1.51	1.44	1.66	1.63	1.48	1.32
T. Hidroviário	2.04	1.93	1.52	1.44	1.62	1.77	1.25	1.60	1.51	1.31	1.32
Indústria	136.49	134.40	138.64	140.69	140.80	141.29	142.61	139.97	138.94	138.82	140.35

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura V.3. Balanço Energético Consolidado (em números índices 1974 = 100) (inclui todas as formas de energia)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Cons.Final	100.0	107.5	119.0	127.7	139.2	150.7	158.1	151.2	156.5	162.3	173.7
Energético	100.0	106.5	117.7	128.1	155.9	182.0	188.6	192.9	226.3	282.7	323.4
Setor Energ.	100.0	106.4	117.8	131.2	143.6	158.0	172.4	182.2	196.5	211.0	218.6
Residencial	100.0	110.5	121.0	127.8	139.4	151.5	164.8	168.0	179.0	192.6	201.1
Comercial	100.0	112.9	121.1	135.0	147.0	160.3	176.6	186.7	204.3	227.4	239.7
Público	100.0	111.4	128.7	146.5	169.6	193.6	225.4	248.5	261.7	257.0	272.1
Agropecuário	100.0	105.8	112.2	111.1	120.2	127.4	123.9	122.3	127.0	125.1	125.5
Transportes	100.0	106.4	112.1	113.2	122.3	127.6	126.4	121.1	126.9	126.3	126.5
T. Rodoviário	100.0	103.2	109.1	105.0	105.2	114.4	121.2	120.0	123.0	125.9	129.5
T. Ferroviário	100.0	106.2	117.6	120.0	123.1	141.0	139.9	156.0	158.5	148.5	141.2
T. Aéreo	100.0	101.4	110.9	106.37	103.9	120.9	89.01	110.2	107.1	96-58	102.6
T. Hidroviário	100.0	108.1	123.5	138.0	148.5	160.3	172.1	152.9	152.1	155.3	173.3
Indústria											

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura 0.4. Balanço Energético Consolidado (10 TEP) (derivados de petróleo)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
CONSUMO FINAL	35840	37961	41688	42250	45546	47969	47482	44007	43393	40861	39692
Cons.Final Energético	34864	37014	40642	41094	43990	46098	45565	41549	40525	37309	35770
Setor Energético	1512	1631	1756	1832	1847	2019	2091	1767	1445	1668	1587
Residencial	1977	1997	2141	2294	2509	2766	2927	3035	3290	3354	3348
Comercial	504	552	585	599	683	689	684	603	627	652	627
Público	59	62	75	79	103	100	111	101	177	332	326
Agropecuário	1094	1212	1401	1579	1791	2024	2299	2468	2560	2366	2400
Transportes	19733	20918	22102	21607	22794	23690	22655	22534	22621	21217	20641
T. Rodoviário	16348	17417	18360	18192	19047	19396	18887	18241	18364	17254	16659
T. Ferroviário	503	519	544	517	519	565	583	560	545	548	556
T. Aéreo	1217	1293	1431	1460	1498	1716	1703	1899	1929	1807	1718
T. Hidroviário	1665	1689	1847	1438	1730	2013	1482	1834	1783	1608	1709
Indústria	9976	10642	12502	13104	14263	14802	14798	11141	9454	7698	6797

Fonte: Idem à Figura (0.1)

Figura V.5. Balanço Energético Consolidado (% do consumo final energético)(derivados de petróleo)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Setor energético	4.36	4.41	4.32	4.46	4.20	4.38	4.59	4.25	3.57	4.47	4.44
Residencial	5.67	5.40	5.27	5.58	5.70	6.00	6.42	7.30	8.12	8.99	9.36
Comercial	1.45	1.49	1.44	1.46	1.55	1.49	1.50	1.45	1.55	1.75	1.75
Público	0.17	0.17	0.18	0.19	0.23	0.23	0.24	0.24	0.44	0.89	0.91
Agropecuário	3.14	3.27	3.45	3.84	4.07	4.39	5.05	5.94	6.32	6.34	6.71
Transportes	56.60	56.51	54.58	52.58	51.82	51.39	49.72	54.23	55.82	56.87	57.71
T. Rodoviário	46.89	47.06	45.17	44.27	43.30	42.08	41.45	43.90	45.32	46.25	46.57
T. Ferroviário	1.44	1.40	1.34	1.26	1.18	1.23	1.28	1.35	1.34	1.47	1.55
T. Aéreo	3.49	3.49	3.52	3.55	3.41	3.72	3.73	4.57	4.76	4.84	4.80
T. Hidroviário	4.78	4.56	4.54	3.50	3.93	4.37	3.25	4.41	4.40	4.31	4.78
Indústria	28.61	28.75	30.76	31.89	32.42	32.11	32.48	26.81	23.33	20.63	19.00

Fonte: Idem à Figura (U.1)

Figura U.6. Balanço Energético Consolidado (em números índices 1974 = 100)
(derivados de Petróleo)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
CONSUMO FINAL	100.0	105.9	116.3	117.9	127.1	133.8	132.5	122.8	121.1	114.0	110.7
Cons.Final Energ.	100.0	106.2	116.6	117.9	126.2	132.2	130.7	119.2	116.2	107.0	102.6
Setor Energético	100.0	107.9	116.1	121.2	122.2	133.5	138.3	116.9	95.6	110.3	105.0
Residencial	100.0	101.0	108.3	116.0	126.9	139.9	148.1	153.5	166.4	169.7	169.3
Comercial	100.0	109.5	116.1	118.8	135.5	136.7	135.7	119.6	124.4	129.4	124.4
Público	100.0	105.1	127.1	133.9	174.6	183.1	188.1	171.2	300.0	562.7	552.5
Agropecuário	100.0	110.8	128.1	144.3	163.7	185.0	210.1	225.6	234.0	216.3	219.4
Transportes	100.0	106.0	112.4	109.5	115.5	120.1	114.8	114.2	114.6	107.5	129.9
T. Rodoviário	100.0	106.5	112.3	111.3	116.5	118.6	115.5	111.6	112.3	105.5	101.9
T. Ferroviário	100.0	103.2	108.2	102.8	103.2	112.3	115.9	111.3	108.3	108.9	110.5
T. Aéreo	100.0	106.2	117.6	120.0	123.1	141.0	139.9	156.0	158.5	148.5	141.2
T. Hidroviário	100.0	101.4	110.9	86.4	103.9	120.9	89.0	110.2	107.1	96.6	102.6
Indústria	100.0	106.7	125.3	131.4	143.0	148.4	148.3	111.7	94.8	77.2	68.1

Fonte: Idem à Figura (U.1)

Figura V.7. Balanço Energético Consolidado (10⁶ TEP)(óleo diesel)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
CONSUMO FINAL	8000	9822	11375	12231	13329	14433	15447	15055	15512	15179	15448
Cons.final energético	8000	9822	11375	12231	13219	14433	15447	15053	15512	15179	15448
Setor energético	122	136	140	148	155	219	243	230	305	363	305
Residencial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comercial	106	114	136	134	182	191	171	155	160	160	162
Público	57	17	73	77	101	106	109	99	101	103	104
Agropecuário	1010	2812	1297	1474	1675	1904	2182	2367	2439	2279	2319
Transportes	6731	7505	6841	9229	9942	10671	11353	11085	11496	11490	11690
T. Rodoviário	5692	6516	7577	8215	8864	9447	10274	10045	10557	10581	10766
T. Ferroviário	474	492	513	501	503	552	573	553	538	541	550
T. Aéreo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T. Hidroviário	565	497	551	513	575	672	506	387	401	368	374
Indústria	774	889	1088	2169	1274	1382	1389	1117	1011	784	868

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura V.8. Balanço Energético consolidado (% do Consumo Final Energético)(óleo diesel)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Setor energético	1.39	1.38	1.23	1.21	1.17	1.52	1.57	1.53	1.97	2.39	2.01
Residencial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comercial	1.20	1.16	1.20	1.10	1.38	1.32	1.11	1.03	1.03	1.05	1.07
Público	0.65	0.17	0.64	0.63	0.76	0.73	0.71	0.66	0.65	0.68	0.69
Agropecuário	11.47	28.63	11.40	12.05	12.67	13.19	14.13	15.72	15.72	15.01	15.28
Transportes	76.49	76.41	75.96	75.46	75.20	73.93	66.51	73.64	74.11	75.70	77.01
T. Rodoviário	64.68	66.34	66.61	67.17	66.50	65.45	66.51	66.73	68.06	69.71	69.69
T. Hidroviário	5.39	5.01	4.51	4.10	3.81	3.82	3.71	3.67	3.47	3.56	3.62
T. Aéreo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T. Hidroviário	6.42	5.06	4.84	4.19	4.35	4.66	3.28	3.24	2.59	2.42	2.46
Indústria	8.80	9.05	9.56	17.73	9.64	9.58	8.99	7.42	6.52	5.17	5.72

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura V.9. Balanço Energético Consolidado (em números índices 1974 = 100)(óleo diesel)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Cons.Final Energético	100.0	111.6	129.3	139.0	151.5	164.0	175.5	171.1	176.3	172.5	175.5
Energético	100.0	111.5	114.8	121.3	127.0	179.5	199.2	188.5	250.0	297.5	250.0
Residencial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comercial	100.0	103.8	128.3	126.4	171.7	142.5	161.3	146.2	150.9	150.9	152.8
Público	100.0	105.3	128.1	135.1	177.2	186.0	191.2	173.7	177.2	180.7	182.5
Agropecuário	100.0	111.1	128.4	145.9	165.8	188.5	216.0	234.4	241.5	225.6	229.6
Transporte	100.0	111.5	128.4	137.1	147.7	159.5	168.7	164.7	170.8	170.7	173.7
T. Rodoviário	100.0	114.5	133.1	144.3	155.7	166.0	180.5	176.5	185.5	185.9	189.1
T. Ferroviário	100.0	103.8	108.2	105.7	106.1	116.5	120.9	116.7	113.5	114.1	116.0
T. Aéreo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T. Hidroviário	100.0	88.0	97.5	90.8	101.8	118.9	89.6	86.9	71.0	65.1	66.2
Indústria	100.0	114.9	140.6	151.0	164.6	178.6	179.5	144.3	130.6	101.3	112.1

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura V.10. Balanço Energético Consolidado (10 TEP)(gasolina e álcool)

GASOLINA		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Consumo	3											
	10 TEP	10745	10978	10860	10049	10259	10028	8284	8264	7875	6734	5964
final												
	nº índices											
Energético	1974=100	100.0	102.2	101.1	93.5	95.5	93.3	80.8	76.99	73.3	62.7	55.5
Agropecuário	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
Transportes	(10 TEP)	10745	10978	10860	10049	10259	10028	8684	8264	7872	6734	5964
T. Rodoviário		10656	10901	10783	9977	10183	9949	8613	8196	7807	6673	5893
T. Aéreo		89	77	77	72	76	79	71	68	65	61	71

ALCOOL		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Consumo	3											
	10 TEP	143	122	128	474	1116	1654	1955	1727	1562	13570	14270
final												
	nº índices	100.0	85.3	89.5	331.5	780.4	1157.0	1367.0	1208.0	1192.0	12497.0	2986.0
Energético	1974=100											
Sector Energético		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71
Transportes		143	122	128	474	1116	1654	1955	1727	1562	13570	14199
T. Rodoviário		143	122	128	474	1116	1654	1955	1727	1562	13570	14199

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Figura V.11. Resultados da Regressão Logarítmica (Variável independente: tempo (em anos))

Variável Depend. (*)	Coeficiente Angular			Coefic. Linear	Taxa Cresc. anual (%)	R ² (%)
	Valor	t	sign.(**)			
X1	.054985	6.6867	a	5.1367	5.65	93.244
X2	-	-	-	-	-	-
X3	.039417	3.4398	a	1.8696	4.02	56.798
X4	.061100	4.7720	a	-.35156	6.30	71.673
X5	.091785	9.1222	a	.21387	9.61	90.240
X6	.052902	7.4486	a	5.0142	5.43	86.043
X7	.060646	7.9914	a	4.2896	6.25	87.648
X8	.014484	4.0534	a	5.1201	1.46	64.609
X9	-	-	-	-	-	-
X10	-.040455	-3.0212	b	9.3962	-3.96	50.352
X11	-.0014076	-.065940	f	7.0640	-0.14	0.048
X12	-.033150	-1.7507	e	12.076	-3.26	25.405
X13	-	-	-	-	-	-
X14	-.015102	1.0393	f	6.6702	-1.502	10.716
X15	.48343	3.7220	a	-36.990	62.16	60.618
X16	.0026779	-.118445	f	4.8130	0.27	0.377
X17	.014942	1.2112	f	5.4209	1.51	14.016
X18	-	-	-	-	-	-
X19	-.10059	-11.416	a	16.825	-16.52	93.540
X20	-	-	-	-	-	-
X21	.017303	1.4029	e	5.9217	1.75	17.945
X22	-.046318	-1.9614	d	12.830	-4.53	29.945

(continua)

Figura V.11. (Continuação) Resultados da Regressão Logarítmica (Variável independente: tempo (em anos))

Variável Depend. (*)	Coeficiente Angular			Coefic. Linear		Taxa Cresc. anual (%)	R	
	Valor	t	sign.(**)	Linear	2	(%)	(%)	(%)
X23	-0,058372	-8,0486	a	13,712	-5,67	87,797		
X24	-	-	-	-	-	-		
X25	-	-	-	-	-	-		
X26	-	-	-	-	-	-		
X27	-	-	-	-	-	-		
X28	-0,058372	-8,0497	a	13,712	-5,67	97,805		
X29	-0,058678	-8,0052	a	13,728	-5,70	87,685		
X30	-	-	-	-	-	-		
X31	-0,025021	-4,1236	a	6,2659	-2,47	65,390		
X32	-	-	-	-	-	-		
X33	-	-	-	-	-	-		
X34	0,38749	8,7690	a	-23,828	47,33	89,522		
X35	-	-	-	-	-	-		
X36	-	-	-	-	-	-		
X37	-	-	-	-	-	-		
X38	-	-	-	-	-	-		
X39	0,38673	8,7240	a	-23,769	47,22	89,425		
X40	0,38673	8,7240	a	-23,769	47,22	89,425		
X41	-	-	-	-	-	-		
X42	-	-	-	-	-	-		
X43	-	-	-	-	-	-		
X44	-	-	-	-	-	-		
X45	0,051796	9,6158	a	7,2589	5,32	91,130		
X46	0,082069	29,712	a	2,6250	8,55	98,991		
X47	0,069145	27,607	a	2,8692	7,16	98,873		
X48	0,087913	54,968	a	1,0742	9,09	99,703		
X49	0,10745	13,691	a	-7,3438	11,34	95,418		
X50	0,021805	5,4819	a	8,3481	2,20	76,953		
X51	0,021820	5,2108	a	8,1572	2,21	75,106		
X52	0,025940	10,217	a	4,6011	2,63	92,063		
X53	0,041931	6,2527	a	4,0591	4,28	81,288		
X54	0,014534	1,4917	f	7,3247	1,46	0,247		
X55	0,047043	5,0620	a	6,8276	4,82	74,086		

Fonte: Idem à Figura (V.1)

Obs.: As notas à Figura (V.11) encontram-se na página seguinte

Notas à Figura (V.11)

(*) Especificação das Variáveis Dependentes:

- X11 = Consumo Final Energético de óleo Diesel
 X12 = Consumo de óleo Diesel no Setor Residencial
 X13 = Consumo de óleo Diesel no Setor Comercial
 X14 = Consumo de óleo Diesel do Setor Público
 X15 = Consumo de óleo Diesel do Setor Agropecuario
 X16 = Consumo de óleo Diesel no Setor de Transportes
 X17 = Consumo de óleo Diesel no Transporte Rodoviário
 X18 = Consumo de óleo Diesel no Transporte Ferroviário
 X19 = Consumo de óleo Diesel no Transporte Aéreo
 X20 = Consumo de óleo Diesel no Transporte Hidroviário
 X21 = Consumo de óleo Diesel na Indústria
 X22 a X32 - *idem* para o Consumo de óleo Combustível
 X33 a X43 - *idem* para o Consumo de Gasolina
 X44 a X54 - *idem* para o Consumo de Alcool Etílico
 X55 a X65 - *idem* para o Total da Energia Secundária Consumida

(**) Valores do Nível de Significância:

- a - ALFA ≤ 0.005
 b - $0.005 < \text{ALFA} \leq 0.01$
 c - $0.01 < \text{ALFA} \leq 0.025$
 d - $0.025 < \text{ALFA} \leq 0.05$
 e - $0.05 < \text{ALFA} \leq 0.10$
 f - $\text{ALFA} > 0.10$

Figura V.12. Resultados da Regressão Logarítmica para Cálculo de Elasticidade Marginal de Substituição

Variável Depend. (*)	Variável Independ.	Coeficiente Angular			Coeficiente Linear	R ² (%)
		Valor	t	sign.(*)		
X29	X40	-.12676	-4.4374	a	9.9539	68.650
X51	X46	.27478	6.2002	a	7.3799	81.036
X29	X46	-.68665	-6.3418	a	15.349	81.715

Fonte: ideia à Figura (V.1)

(*) Ver notas à Figura (V.11)

Figura V.13. Mercadorias Transportadas segundo os Modos de Transporte - 1970-1984 (em milhões de t-km-úteis)

Modo de Transp.	Ano	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)		199	244	307	385	451	521	662	686	792	923	1020	1050	1206	1164	1151
Dutov. (2)		2326	2786	3801	5017	5482	69044	7052	8489	11095	11929	11929	11070	11208	11825	15071
Ferrov.		30267	31858	33310	42508	54688	58788	63442	61456	63989	73752	86264	79488	70122	74966	92421
Hidrov. (3)		21559	24041	21798	24009	29369	31740	32621	35479	39509	44153	35763	34444	42719	37149	52429
Rodov. (4)		124500	137300	152100	168000	185500	204823	226160	249719	275440	304472	208500	204700	212500	215200	219100
TOTAL		178852	196229	211316	239919	265490	302775	329936	355829	391125	434622	343476	330720	343655	340304	380172

Fonte: GEIPOT [60], [61], [62]

Notas: (1) Transporte doméstico
 (2) Inclui mercadorias transportadas por gasoduto, mineroduto, oleoduto
 (3) Cabotagem
 (4) Dados estimados pelo GEIPOT. Segundo o GEIPOT (1985), os valores de 1970 a 1979 para o transporte rodoviário estão superestimados. As novas estimativas baseiam-se em métodos indiretos e estão sujeitas a restrições.

Figura V.14. Mercadorias Transportadas segundo o modo de Transporte - 1970-1984 (em percentual do total de t-km úteis)

Modo de Transp.	Ano														
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
Outov. (2)	1,4	1,8	2,1	2,0	2,0	2,3	2,1	2,4	2,8	2,6	3,5	3,3	3,3	3,5	4,0
Ferrov.	16,9	16,2	15,8	17,7	19,8	19,4	19,2	17,2	16,4	17,0	25,1	24,0	22,7	22,0	24,3
Hidro. (3)	12,1	12,3	10,3	10,0	10,7	10,5	9,9	10,0	10,1	10,2	10,4	10,4	11,8	10,9	13,8
Rodoviá. (4)	69,6	70,0	72,0	70,0	67,3	67,6	68,6	70,2	70,5	70,0	60,7	61,9	61,8	63,2	57,6
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: ídem à Figura (V.13)

Notas: (1) Transporte doméstico

(2) Inclui mercadorias transportadas por gasoduto, mineroduto, deloduto

(3) Cabotagem

(4) Dados estimados pelo GEIPOT. Segundo o GEIPOT (1985), os valores de 1970 a 1979 para o transporte rodoviário estão superestimados.

As novas estimativas baseiam-se em métodos indiretos e estão sujeitas a restrições.

Figura V.15. Mercadorias Transportadas segundo o modo de Transporte - 1970-1984 (em números índices 1970 = 100)

Modo de Transp.	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)	100,0	122,3	154,3	193,1	226,4	261,2	332,0	344,2	397,4	462,9	511,8	526,7	605,1	584,1	577,5
Dutov. (2)	100,0	119,7	163,3	215,6	235,6	296,7	303,1	364,9	476,9	486,6	512,8	476,2	482,8	508,3	647,8
Ferrov.	100,0	105,2	110,0	140,4	180,6	194,2	209,6	203,0	211,4	243,6	285,0	262,5	257,8	247,7	305,4
Hidrov. (3)	100,0	111,5	101,1	111,4	136,2	147,2	151,3	164,6	183,2	204,8	165,9	159,8	188,9	172,3	243,2
Rodoviá. (4)	100,0	110,3	122,2	134,9	149,0	164,5	181,6	200,5	221,2	244,5	167,5	164,4	170,7	172,9	176,0
TOTAL	100,0	109,7	118,1	134,1	154,0	169,3	184,5	198,9	218,7	243,0	192,0	184,9	192,1	190,3	212,6

Fonte: idem à Figura (V.13)

Notas: (1) Transporte doméstico

(2) Inclui mercadorias transportadas por gasoduto, mineroduto, óleduto

(3) Cabotagem

(4) Dados estimados pelo GEIPOT. Segundo o GEIPOT (1985), os valores de 1970 a 1979 para o transporte rodoviário estão superestimados.

As novas estimativas baseiam-se em métodos indiretos e estão sujeitas a restrições.

Figura V.16. Passageiros Transportados segundo o modo de Transporte - 1970-1984 (em milhões de passageiros-km)

Modo de Transp.	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)	2027	2436	3043	3838	4532	5106	6025	6591	7635	8795	9559	9973	10789	10569	10014
Ferrov. (2)	5444	4833	4678	4641	4744	4894	4890	4617	4224	3427	3471	3736	3397	2986	2715
Hidro. (3)	49	33	16	30	29	10	4	3	18	34	-	-	-	-	-
Rodoviár. (4)	108600	124300	142100	161900	184906	211174	241182	275454	314596	359300	410357	-	-	-	-
TOTAL	116120	131593	149837	170410	194211	221184	252109	286665	326473	371556	-	-	-	-	-

Fonte: ídem à Figura (V.13)

Notas: (1) Transporte doméstico

(2) Passageiros de interior

(3) Cabotagem

(4) Dados estimados pelo GEIPOT.

Os valores não assinalados correspondem a informações não disponíveis

Figura V.17. Passageiros Transportados segundo os Modos de Transporte - 1970-1984 (em percentual do total de passageiros-km)

Modo de Transp.	Ano	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)		1,8	1,8	2,0	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,4	2,3	-	-	-	-	-
Ferroviário (2)		4,7	3,7	3,1	2,7	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	0,9	0,8	-	-	-	-
Hidroviário (3)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Rodoviário (4)		93,5	94,5	94,9	95,0	95,2	95,5	95,7	96,1	96,4	96,7	96,9	-	-	-	-
TOTAL		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-

Fonte: idem à Figura (V.13)

Notas: (1) Transporte doméstico

(2) Passageiros de interior

(3) Navegação de cabotagem

(4) Dados estimados pelo GEIPOP

Os valores não assinalados correspondem a informações não disponíveis

Figura V.18. Passageiros Transportados segundo o Modo de Transporte (em números índices 1970 = 100)

Modo de Transp.	Ano	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Aéreo (1)		100,0	120,2	150,1	189,3	223,6	251,9	297,2	325,1	374,6	433,9	471,6	492,0	532,2	521,4	494,0
Ferroviário (2)		100,0	88,8	85,9	85,2	87,1	89,9	89,8	84,8	77,6	62,9	63,7	68,6	62,4	54,8	49,9
Hidroviário (3)		100,0	68,6	31,6	61,4	59,4	20,8	7,9	5,3	35,7	68,6	-	-	-	-	-
Rodoviário (4)		100,0	114,4	130,8	149,1	170,3	194,4	222,1	253,6	289,7	330,8	377,9	-	-	-	-
TOTAL		100,0	113,3	129,0	146,7	167,2	190,5	217,1	246,9	281,1	320,0	364,6	-	-	-	-

Fonte: idem à Figura (V.13)

Notas: (1) Transporte doméstico

(2) Passageiros de interior

(3) Navegação de cabotagem

(4) Dados estimados pelo GEIPOP

Os valores não assinalados correspondem a informações não disponíveis

Figura V.19. Distribuição Intermodal do Transporte Urbano de Passageiros

MODALIDADE	1977		1982	
	Viagens diárias	%	Viagens diárias	%
	3 (em 10 viagens)		3 (em 10 viagens)	
Automóvel	10448	29,1	10655	20,0
Taxi	1214	3,4	2664	5,0
Ônibus	21807	60,8	29424	55,2
Trolebus	290	0,8	2000	3,8
Ferrovias urbanas(1)	1483	4,1	6235	15,4
Barcas	174	0,5	303	0,6
Outros	470	1,3	-	-
TOTAL	35887	100,0	53281	100,0

Fonte: GEIPOP [63]

Nota: (1) Inclui metrô

Os valores não assinalados correspondem a informações não disponíveis

Figura V.20. Tráfego Suburbano de Passageiros (em milhares de passageiros)

Ano	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Estrada										
Rede Ferroviária	215547	257726	277213	314060	321940	354065	368982	381591	415737	487725
Federal S.A.										
RFFSA										
Fortaleza	619	1015	1589	1040	1548	3753	4483	4872	6345	11476
Recife	4015	4570	4551	4842	6037	9074	11090	13707	11595	16070
Belo Horizonte	1466	1367	2873	3826	3769	4055	4209	4475	3977	4193
Rio de Janeiro	113090	146959	153232	159449	160928	178350	188715	200443	221825	265704
São Paulo, Santos e Baurú	91873	99291	110371	141243	146146	157507	157212	155431	168350	182981
Curitiba	231	288	300	301	223	204	196	161	138	118
Porto Alegre	43	70	213	280	374	359	338	142	45	23
Salvador	4210	4158	4084	3079	2915	2524	2519	1838	3027	6668
Ferrovias Paulistas S.A. FEPASA	32522	32612	30841	24644	43740	56413	57511	56167	63019	72839
Estrada de Ferro Campos do Jordão	733	872	786	976	1022	908	791	847	807	787
TOTAL	240802	291210	308840	339680	366702	413386	427284	438605	479563	561351

Fonte: GEIPOP [61], [62]

3

Figura V.21. Carga Exportada e Importada na Navegação de Longo Curso (em 10 t)

ANO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Carga exportada	82185	86987	76410	85429	99441	101718	118937	105607	104628	130950
Carga importada	51739	58632	62781	66509	67867	73433	60856	57922	50310	52355

Fonte: ídem à Figura (V.20)

Figura V.22. Carga Exportada e Importada no Transporte Aéreo (10 t)

ANO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Carga exportada	47,6	52,6	60,1	56,9	62,8	71,9	65,1	74,5	105,0
Carga importada	54,3	56,3	88,0	61,2	61,4	60,0	57,9	59,5	71,6

Fonte: idem à Figura (V.20)

Figura V.23. Passageiros Embarcados e Desembarcados nos Aeroportos Brasileiros (vãos internacionais) (em 1000 passageiros)

ANO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Passageiros embarcados	1218,1	1232,8	1363,6	1541,0	1714,9	1750,1	1780,2	1668,4	1610,3
Passageiros desembarcados	1245,8	1299,6	1357,9	1532,5	1683,5	1706,4	1784,2	1647,3	1558,1

Fonte: idem à Figura (V.20)

Figura V.24. Passageiros Embarcados e Desembarcados - Transporte Rodoviário Internacional (em milhares de passageiros)

ANO	1980	1981	1982	1983	1984
Passageiros embarcados	1946,4	1006,0	1178,9	1194,0	1187,8
Passageiros desembarcados	1931,6	1000,8	1125,2	1152,2	1162,7

Fonte: GEIPOP (62)

Figura V.25. Eficiência Energética de Diferentes Modos de Transporte (em 10 t-km/TEP)

Ano	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Rodov.	34.539	33.378	31.758	32.410	33.203	34.511	22.690	20.378	20.129	20.338	20.351
Ferrov.	78.983	82.631	84.530	84.798	87.643	93.028	102,33	95.302	91.609	85.392	102,53
Aéreo	.59435	.63957	.71509	.74073	.83451	.84522	.93573	.86792	.96078	.99515	1.0197
Hidro.	17.619	18.792	17.665	24.672	22.260	21.935	24.132	18.781	23.959	23.102	30.678

Fonte: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (59) e GEIPOP (62)

CAPÍTULO VI.

O SETOR DE TRANSPORTES ENQUANTO USUÁRIO DE INFORMÁTICA E TELECOMUNICAÇÕES

VI.1. UM ESFORÇO INTERDISCIPLINAR DE ENTENDIMENTO DO SETOR

Neste capítulo é apresentada metodologia estatística e computacional desenvolvida pelo autor, tendo como objetivo dar suporte a uma análise do setor de transportes no Brasil, abordado como um mercado real e potencial para uso de serviços de telecomunicações. No decorrer do processo de desenvolvimento e aplicação dessa metodologia, foi constatada a possibilidade de expansão da rede de serviços de telecomunicações que atende ao setor, bem como foram identificados segmentos desse mercado com características e necessidades específicas, as quais seriam passíveis de atendimento por meio de novos modos integrados de

aplicação de telecomunicações.

Em face do alto grau de heterogeneidade inerente ao mercado em estudo, da disponibilidade de bases de dados de grande porte e do nível ainda incipiente de conhecimento com relação a grande parcela desse mercado, optou-se desde o início da pesquisa por uma abordagem comprometida com a interdisciplinaridade. Assim, a metodologia que se apresenta neste capítulo, embora centrada na aplicação de conceitos e técnicas estatísticas e de tratamento de dados, é articulada a outras áreas de especialização pertinentes ao entendimento da temática, tais como Engenharia de Transportes, Engenharia de Telecomunicações, Informática, "Marketing" e Gerência dos Transportes. Essa articulação foi buscada através do contato direto com empresas do setor e com instituições a ele vinculadas (órgãos governamentais, sindicatos, associações de classe, empresas seguradoras, empresas de consultoria e assessoria), bem como com engenheiros e gerentes da EMBRATEL e pesquisadores especializados nas áreas mencionadas (1).

Também deram suporte ao estudo estatístico as consultas feitas a fontes secundárias de informação a nível governamental e privado, tais como anuários, relatórios, cadastros, etc. (em especial, DNER [64], GEIPOT [60], [61], [62]).

O estudo sistemático das características mercadológicas do setor, tendo como instrumento o método estatístico e como base de dados fontes secundárias, trouxe contribuição significativa ao entendimento e posterior segmentação do mercado, possibi-

litando um conhecimento mais abrangente e detalhado do setor e a identificação de grupos de empresas com potencial de demanda para serviços de telecomunicações, bem como de grupos de empresas consideradas líderes no uso desses serviços. Ainda a partir da referida segmentação foi possível projetar um estudo por amostragem, mediante a estratificação pelos diversos segmentos do mercado, bem como ter uma avaliação quantitativa preliminar do potencial de demanda por serviços de telecomunicações existente. Os resultados obtidos permitem ainda sugerir a adequação do método, com as necessárias adaptações, como instrumento de apoio a estudos de mercado para telecomunicações em outros setores da economia.

VI.1.1. A Base de Dados

Em que pese a existência de informações provenientes das fontes acima mencionadas, os dados sobre a atividade de transporte e os relativos a telecomunicações são sempre encontrados em fontes distintas e independentes, o que dificulta a análise comparativa das interrelações entre essas duas atividades.

Assim, ao se iniciar o estudo, o conhecimento de que se dispunha a respeito do setor de transportes no Brasil enquanto mercado para aplicações de informática e telecomunicações era constituído de informações concernentes às grandes usuárias de tais tecnologias, empresas caracterizadas por uma gerência mo-

derna; em geral de grande porte e, em muitos casos, operando a nível nacional e internacional. Tal era o caso das grandes empresas de transporte rodoviário e marítimo e das empresas de transporte aéreo. Em resumo, as informações prevaícentes eram restritas a um conjunto minoritário de empresas "auto-evidentes" por sua projeção econômica e pela abrangência de sua esfera de atuação, para cujo conhecimento não se faz necessário um estudo prospectivo.

Dentre os propósitos do estudo estava o de contribuir para a superação dos limites desse estágio de conhecimento, ainda bastante próximo do senso comum. Procurou-se assim uma descrição a mais completa possível das características econômicas, geográficas e culturais das empresas do setor de transportes, associando-as ao grau de utilização de telecomunicações, pois admitia-se que o porte das empresas, a distribuição espacial de suas unidades de representação e operação, bem como o nível cultural dos funcionários seriam fatores de marcada influência sobre a necessidade e a receptividade ao uso de telecomunicações. Desse esforço para melhor entendimento do setor não se excluiu aprioristicamente nenhuma empresa# de fato, buscava-se um mapeamento exaustivo do setor, abrangendo suas micro, pequenas, médias e grandes empresas, não usuárias, pequenas, médias e grandes usuárias de serviços de telecomunicações.

Para alcançar esse primeiro objetivo, constituiu-se inicialmente um arquivo de trabalho residente em disco no computador Burroughs 6700 da UFRJ, contendo informações provenientes de fontes secundárias (2), referentes ao porte, dispersão geo-

gráfica e uso de telecomunicações das empresas do setor (3). O procedimento adotado na estruturação e implementação desse arquivo, bem como as dificuldades encontradas, são descritas a seguir.

Apesar da grande variedade de fontes de informação, para efeito de análise estatística poucas delas oferecem dados factíveis de serem utilizados, pois em geral estes não estão adequadamente estruturados, havendo dificuldade de integrá-los de forma homogênea em um único banco de dados. Tais dificuldades se originam de deficiências tais como a inexistência de chaves comuns que possibilitem sua integração de forma automatizada. Por outro lado, também ocorre que os dados disponíveis em geral correspondam a um reduzido período de tempo. A maioria das instituições detentoras de tais dados não priorizam a estruturação e armazenamento de dados de modo a facilitar a futura projeção de sistemas de apoio à decisão; a dificuldade de permuta de dados entre bases distintas é sintomática dessa deficiência. Em geral, as diferentes bases de dados orientam-se para aplicações específicas mais direcionadas para a atividade-fim de cada órgão (controle, arrecadação, etc.), não se considerando a utilidade que poderiam ter como suporte à pesquisa e à prospecção de tendências.

Assim, adotou-se o procedimento de analisar as fontes de dados com potencial de fornecer informações úteis ao estudo, estruturando-se a base de dados a partir das fontes disponíveis, preservando-se entretanto sua flexibilidade, de modo a incorporar novas informações, à medida que novos cadastros fossem obti-

dos.

Em uma primeira etapa, foi criada uma base de dados a partir de dois cadastros principais:

- o cadastro de imposto de renda de pessoas jurídicas do SERPRO
- o cadastro dos clientes da EMBRATEL

Tal base de dados incluía todas as empresas classificadas, no primeiro cadastro, como pertencentes ao setor de transportes, abrangendo os seguintes subsetores (acompanhados das abreviações empregadas no texto):

- Transportes Aquaviários de Passageiros (TAqp);
- Transportes Aquaviários de Cargas (TAqC);
- Transportes Aquaviários de Passageiros e Cargas (TAqPC);
- Administração Portuária (AP);
- Transportes Ferroviários (TF);
- Transportes Rodoviários de Passageiros (TRP);
- Transportes Rodoviários de Cargas (TRC);
- Transportes Rodoviários de Passageiros e Cargas (TRPC);
- Transportes Urbanos de Passageiros, inclusive Metroviários (TUP);
- Transportes Urbanos de Cargas (TUC);
- Transportes Urbanos de Passageiros e Cargas (TUPEC);
- Garagens e Parques de Veículos (GPV);

- Transportes Aéreos de Passageiros (TAP);
- Transportes Aéreos de Cargas (TAC);
- Transportes Aéreos de Passageiros e Cargas (TAPC);
- Outros Serviços de Transporte não Especificados ou não Classificados (OST).

A Figura (VI.1) detalha o fluxo de processamento para criação da referida base de dados. A partir das fitas magnéticas onde estão gravados os dados dos cadastros citados, foram criados os respectivos arquivos em disco (IRPJ e EMBRATEL), ambos ordenados pelo C.G.C. das empresas. Por meio de programa (PROG1) produziu-se o arquivo "merge" ARQ1, usando como chave o C.G.C.. Ainda mediante programa (PROG2) foi produzido o arquivo ARQ2 no qual já estavam excluídos todos os registros referentes às filiais das empresas e já estavam incorporadas aos registros das matrizes as informações de número de filiais, de municípios e de unidades da federação onde a empresa tem filiais. Finalmente, o arquivo ARQ2 foi subdividido em diversos arquivos, um para cada subsetor (arquivos ARQ5011, ..., ARQ5099).

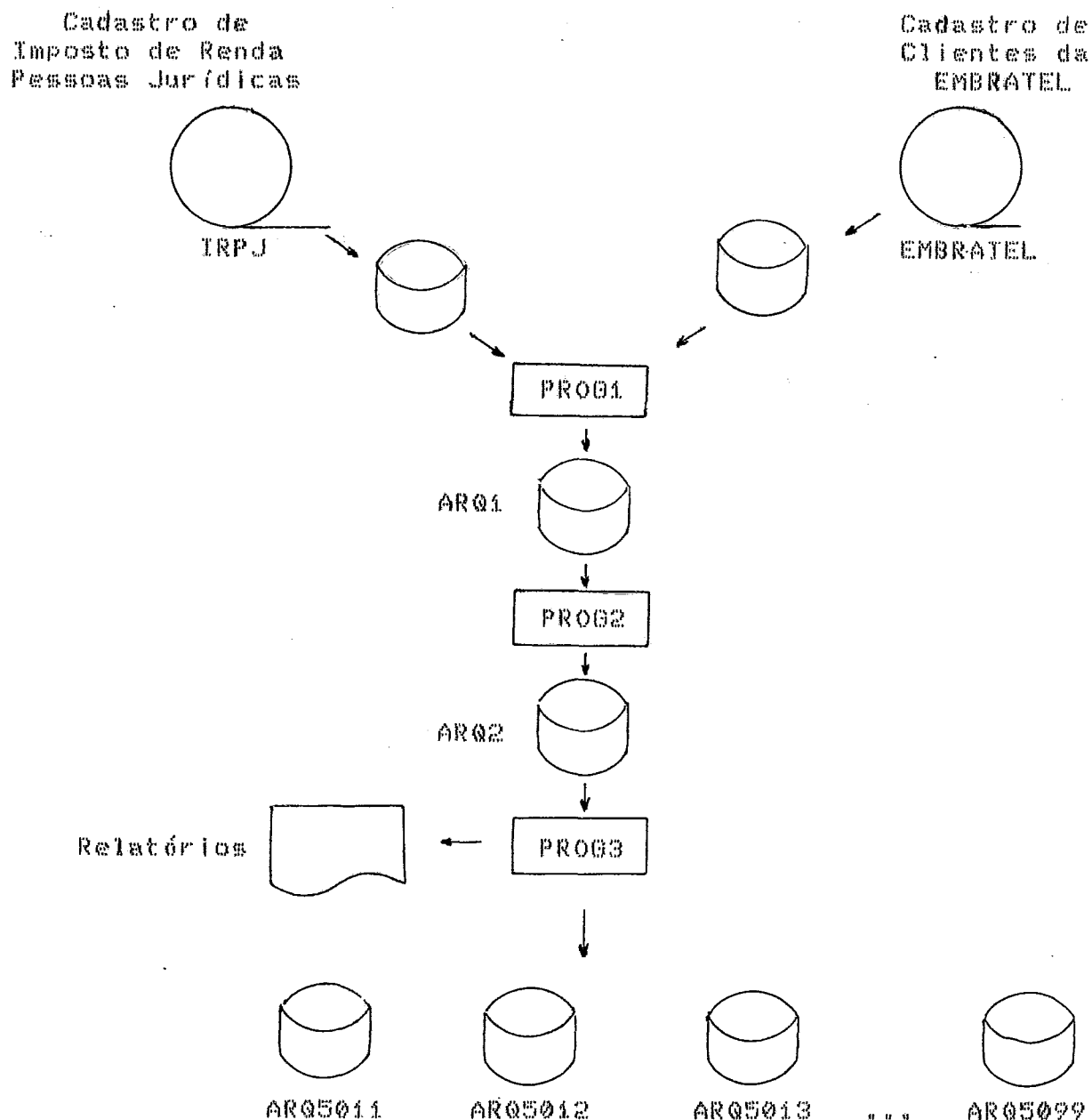


FIGURA VI.1 - Fluxo de Processamento para Criação da Base de Dados

No decorrer do estudo, à medida que a análise estatística avançava, os resultados parciais obtidos evidenciaram novos aspectos, o que em alguns casos motivou o interesse em gerar novos indicadores a partir dos dados existentes e incorporá-los à

base de dados. Tais incorporações foram feitas de forma acumulativa, sem prejuízo das informações já existentes. Entre elas, cabe mencionar a criação de 26 campos novos por registro, contendo informação relativa a se cada empresa tem ou não filial em cada unidade da federação (variável "dummy") e o acréscimo de dados referentes ao uso de DDD das empresas localizadas no município do Rio de Janeiro.

O arquivo de trabalho inicial continha cerca de 25000 registros, com as seguintes informações por empresa:

- Atividade
- C.G.C.
- Razão Social
- Faixa de Receita
- Indicador
- Capital Nacional
- Faixa de Capital
- Natureza Jurídica
- Código do Município
- Unidade da Federação
- Valor Pago por Cada um de 14 Serviços da EMBRATEL (4)
- Se Usuária ou não da EMBRATEL
- Número de Filiais
- Número de Municípios
- Número de Unidades da Federação
- Receita Média
- Unidades da Federação em que a Empresa tem Filiais
- D.D.D.

VI.1.2. O Estudo Exploratório Inicial

Uma vez constituída a base de dados inicial, procedeu-se a um estudo descritivo das principais características das empresas. Para tanto, uma primeira partição do universo de empresas do setor foi efetuada mediante o critério do modo de transporte e do tipo de carga transportada, a qual foi considerada necessária por permitir que o estudo estatístico descritivo se iniciasse sobre populações não aberrantemente heterogêneas. Vale dizer, procurou-se assegurar que as estatísticas descritivas a serem calculadas refletissem a realidade de cada modo de transporte.

Assim, para cada subsetor, calcularam-se os valores médios e máximos, os desvios padrões e as somas das seguintes variáveis (5):

- receita das empresas
- número de filiais das empresas
- faturamento da EMBRATEL em cada um dos serviços de telecomunicações nas empresas
- faturamento total da EMBRATEL nas empresas.

Obteve-se ainda o número de empresas em cada subsetor e o número de usuários da EMBRATEL em cada subsetor e em cada serviço de telecomunicações.

Os resultados do estudo descritivo possibilitaram de

imediatamente o estabelecimento de avaliações relevantes para o direcionamento de etapas posteriores da pesquisa. Em particular, constatou-se a existência de vácuos em termos de uso de telecomunicações, em todos os subsetores. Assim, menos de 4% do total das empresas do setor de transportes eram usuárias dos serviços da EMBRATEL, o que pode ser tomado como um primeiro indício do potencial de demanda existente. Entre os diferentes serviços da EMBRATEL, o telex nacional destacou-se por ser utilizado pela quase totalidade das usuárias. O telex internacional é utilizado por 30% das usuárias e o número de usuárias dos demais serviços, em geral mais sofisticados e baseados em tecnologia mais recente, não excede 0,25% do total das empresas do setor.

Uma segunda constatação importante ao nível do estudo descritivo inicial refere-se ao elevado grau de dispersão da receita das empresas e do faturamento da EMBRATEL, indicando aí fortes desigualdades no porte das empresas e no acesso ao uso de telecomunicações. Essa constatação foi posteriormente confirmada pela análise da distribuição de frequências das duas variáveis mencionadas. As variáveis receita e número de filiais destacaram-se como as mais significativamente correlacionadas com a intensidade de uso de telecomunicações. Constatou-se ainda que outras escalas alternativas que se pudessem construir a partir dos dados disponíveis eram correlacionadas com pelo menos um desses dois fatores, o que contribuiu para recomendar sua adoção como as duas dimensões explicativas básicas disponíveis para o estudo dos diferentes níveis de uso de telecomunicações por parte das empresas de transportes: a receita das empresas como indicativa de porte e poder econômico e o número de filiais como

indicativa da abrangência geográfica de sua esfera de atuação (representação e operação). A adoção dessas duas variáveis como explicativas do comportamento do mercado é também coerente com a consideração da receita como indicadora do poder aquisitivo das empresas e do número de filiais como indicador da necessidade de uso de telecomunicações.

Em função do alto grau de heterogeneidade existente entre as empresas de cada subsetor, considerou-se insuficiente a segmentação desenvolvida apenas pelo critério do modo de transporte e tipo de carga transportada, e considerou-se necessário seccionar cada subsetor, de forma a se obter subgrupos mais homogêneos, os quais passariam então a se constituir nas células básicas para constituição dos segmentos de mercado a que se pretendia chegar. A partição de cada subsetor foi efetuada com base em três escalas: receita (X), número de filiais (Y) e faturamento da EMBRATEL (Z).

VI.2. SEGMENTAÇÃO DO SETOR SOB A ÓTICA DO USO DE TELECOMUNICAÇÕES

VI.2.1. Uma Primeira Segmentação

Inicialmente, o critério de partição das escalas foi tal que cada sub-grupo era constituído por empresas cujos valores de X, Y e Z satisfizessem a uma das oito condições a seguir:

$$1^{\circ}) \quad X = Y = Z = 0$$

$$2^{\circ}) \quad X = Y = 0 \text{ e } 10^k \leq Z < 10^{k+1}$$

$$3^{\circ}) \quad X = Z = 0 \text{ e } 10^j \leq Y < 10^{j+1}$$

$$4^{\circ}) \quad Y = Z = 0 \text{ e } 10^i \leq X < 10^{i+1}$$

$$5^{\circ}) \quad X = 0 \text{ e } 10^j \leq Y < 10^{j+1} \text{ e } 10^k \leq Z < 10^{k+1}$$

$$6^{\circ}) \quad Y = 0 \text{ e } 10^i \leq X < 10^{i+1} \text{ e } 10^k \leq Z < 10^{k+1}$$

$$7^{\circ}) \quad Z = 0 \text{ e } 10^i \leq X < 10^{i+1} \text{ e } 10^j \leq Y < 10^{j+1}$$

$$8^{\circ}) \quad 10^i \leq X < 10^{i+1} \text{ e } 10^j \leq Y < 10^{j+1} \text{ e } 10^k \leq Z < 10^{k+1}$$

onde $i, j, k = 0, 1, 2, \dots$

Vale dizer, a região do espaço tridimensional definida pelos pontos (X, Y, Z) tais que $X \geq 0$, $Y \geq 0$ e $Z \geq 0$ foi seccionada em um ponto, segmentos de reta, retângulos e paralelepí-

pedos que presumivelmente devem delimitar as fronteiras de sub-grupos relativamente homogêneos. Uma perspectiva interessante nesse procedimento é a possibilidade imediata de identificação de sub-grupos de empresas onde os valores assumidos por Z foram muito grandes ou muito pequenos quando comparados com os valores de X e Y! no primeiro caso, identificaríamos empresas que usam intensivamente telecomunicações (empresas líderes no uso de telecomunicações), enquanto no segundo, encontraríamos as empresas com potencial de incremento no uso de telecomunicações.

A partição assim determinada possibilitou o agrupamento, em um mesmo sub-grupo, de empresas com grau considerável de homogeneidade, atendendo assim a um primeiro requisito para boa qualidade do processo de segmentação. Por outro lado, embora o uso de escalas logarítmicas sobre as três dimensões tenha possibilitado uma redução no número de faixas necessárias para dar conta da amplitude de cada escala, mesmo assim o número total de sub-grupos gerados foi considerável em cada subsetor. Por essa razão, ocorreram com frequência em diversos subsetores sub-grupos com número muito reduzido de empresas.

Tornou-se assim necessário proceder à união de sub-grupos, atendendo ao critério de homogeneidade em termos da intensidade de uso de telecomunicações. Entretanto, a constituição de novos sub-grupos homogêneos a partir do exame caso a caso de cada empresa, mostrou-se inviável devido ao grande número de empresas em alguns subsetores, e ao fato de que a maior parte delas eram até então desconhecidas da EMBRATEL (não usuárias). Para que este processo pudesse ser realizado, foram então consi-

deradas as técnicas computacionais e estatísticas pertinentes, optando-se pela Aplicação da Análise Discriminante (Cf. KLECKA [65]), em face da estrutura e porte da base de dados e dos pressupostos que fundamentam sua aplicabilidade.

Assim, cada subsetor foi segmentado, sendo a variável "faturamento da EMBRATEL" categorizada em quatro faixas, codificadas com os valores 0, 1, 2 e 3, correspondentes respectivamente às não usuárias, pequenas, médias e grandes usuárias de serviços de telecomunicações. Essas faixas serviram como critério para definição dos quatro grupos em que as empresas seriam classificadas. As variáveis "receita" e "número de filiais" foram adotadas como variáveis discriminantes, uma vez que presumivelmente condicionam o modo e a intensidade de uso de telecomunicações pelas empresas.

Nos termos da nomenclatura estatística foram definidos quatro grupos e utilizadas duas variáveis discriminantes, o que possibilita a construção de no máximo duas funções discriminantes (KLECKA [65]):

$$Z_i = \sum_{j=1}^2 a_{ij} X_j \quad (i=1,2), \text{ onde:}$$

X_1 = receita normalizada

X_2 = número de filiais normalizado

Z_i = i-ésima função discriminante

a_{ij} = parâmetro a ser estimado

As funções Z_1 e Z_2 podem ser interpretadas como novas escalas, calculadas como funções lineares das escalas de receita

e número de filiais, que deverão ser úteis para "discriminar" as empresas, classificando cada empresa em um dos quatro grupos. Mediante a aplicação de Análise Discriminante aos dados disponíveis, foram executadas em computador rotinas de cálculo que perfazem as seguintes etapas da segmentação:

1 - identificação de grupos de empresas com características de homogeneidade interna (mínima variância ou mínima distância euclidiana no espaço tridimensional) e de diferenciação entre conglomerados (máximo valor da estatística F parcial multivariada), em termos de intensidade de uso de telecomunicações;

2 - avaliação dos valores característicos da "empresa típica" de cada grupo, em termos de receita e número de filiais (variáveis discriminantes);

3 - seleção, para cada empresa, de um grupo ao qual ela se aproxima; para tanto, são calculadas as diferenças entre a receita e o número de filiais da empresa e da empresa típica de cada grupo, e é escolhido o grupo onde essa diferença é mínima.

A escolha do grupo ao qual a empresa mais se "assemelha" baseia-se portanto, no reconhecimento estatístico do grau de equiparabilidade da empresa com relação à empresa típica ("centróide") do grupo, e torna-se operacionalizável mediante o cômputo dos valores de quatro funções de classificação para cada empresa, sendo cada um desses valores associado à probabilidade de a empresa pertencer a cada grupo, isto é, uma medida da "semelhança" entre a empresa e o centróide do grupo. Cada empresa

é então classificada no grupo para o qual o valor da função de classificação é máximo. Os parâmetros das funções de classificação são calculados por rotinas da Análise Discriminante.

Um primeiro resultado do processo de segmentação aplicado é que a cada empresa passam a corresponder duas informações de interesse para o estudo das perspectivas do mercado:

- o código da "faixa real", onde a empresa se situa, definida pelo valor do faturamento da EMBRATEL na empresa

- o código da "faixa esperada", onde a empresa foi classificada mediante a aplicação da Análise Discriminante, e que é definida pela proximidade da receita e do número de filiais da empresa com relação às mesmas características do centróide da faixa.

É de se notar que tais faixas não são necessariamente idênticas, evidenciando-se as seguintes possibilidades:

- código da faixa esperada = código da faixa real: receita e número de filiais da empresa são próximos aos da empresa típica da faixa real; trata-se de empresas em que a intensidade de uso de telecomunicações é ajustada a seu porte e dispersão geográfica;

- código da faixa esperada > código da faixa real: receita e número de filiais da empresa em conjunto excedem aos da empresa típica da faixa real; trata-se de empresas consideradas

com potencial para virem a fazer maior uso de telecomunicações, a partir das evidências disponíveis com relação às suas características de porte e dispersão geográfica;

- código da faixa esperada < código da faixa real: receita e número de filiais da empresa em conjunto ficam aquém dos da empresa típica da faixa real; trata-se de empresas em que a intensidade de uso de telecomunicações é superior ao que seria de se esperar tendo em vista seu porte e dispersão geográfica; o nível de demanda de tais empresas por telecomunicações permanece inexplicado; a intensidade de uso de telecomunicações maior que o esperado permite caracterizá-las como empresas líderes no uso dessa tecnologia.

A Figura (VI.2), a seguir, resume as três possibilidades descritas, observando-se aí que cada subsetor ficou dividido em 16 sub-grupos de empresas que guardam as propriedades de homogeneidade interna e diferenciação entre sub-grupos.

		F A I X A				E S P E R A D A			
		0	1	2	3				
F A I X A		0	A	P	P	P	P	P	P
	1	L	A	P	P	P	P	P	P
R E A L	2	L	L	A	P	P	P	P	P
	3	L	L	L	L	L	L	L	A

Figura VI.2. Possibilidades de Classificação das Empresas

A = empresas ajustadas; L = líderes; P = com potencial.

Passou-se então à constituição de quatro segmentos de mercado em cada subsetor, a saber:

1º segmento - constituído por empresas nas quais código da faixa real = código da faixa esperada = 0. Corresponde às empresas não usuárias da EMBRATEL que não apresentam potencial de uso de telecomunicações, podendo-se caracterizá-las como constituintes do "não-mercado".

2º segmento - constituído por empresas onde se verifica a condição " $(x = 1 \text{ e } y \leq 1)$ ou $(x \leq 1 \text{ e } y = 1)$ ", sendo $x =$ código da faixa real e $y =$ código da faixa esperada. Este segmento é constituído pelas empresas que se inserem na condição de pequenas usuárias da EMBRATEL destituídas de potencial para incrementar o uso de telecomunicações e por não-usuárias com potencial para se tornarem pequenas usuárias.

3º segmento - constituído por empresas para as quais se verifica a condição " $(x = 2 \text{ e } y \leq 2)$ ou $(x \leq 2 \text{ e } y = 2)$ ", sendo x e y definidos como acima. Este segmento é constituído por médias usuárias sem potencial para incrementar o uso de telecomunicações e por não-usuárias e pequenas usuárias com potencial

para virem a se tornar médias usuárias.

4º segmento - constituído por empresas que satisfazem à condição " $x = 3$ ou $y = 3$ ". Trata-se aqui das grandes usuárias da EMBRATEL e das empresas que têm potencial para se tornarem grandes usuárias.

A Figura (VI.3), a seguir, ilustra o modo de concepção dos segmentos a partir das faixas real e esperada.

		FAIXA ESPERADA			
		0	1	2	3
FAIXA REAL	0	I	II	III	IV
	1	II	II	III	IV
	2	III	III	III	IV
	3	IV	IV	IV	IV

Figura VI.3. Definição dos Quatro Segmentos Adotados

A consistência do método empregado foi verificada pelo grau de ajustamento da distribuição das empresas nas faixas esperadas com relação à sua distribuição nas faixas reais. O percentual de empresas ajustadas (isto é, em que faixa real = faixa esperada) só é inferior a 80% em subsetores que contêm um número de empresas insuficiente para justificar a própria aplicação do método. Em tais subsetores, verificou-se que o número de empresas é tão reduzido que o simples exame das empresas caso a caso é pouco custoso e mais confiável que a aplicação de métodos estatísticos (trata-se aqui de quatro subsetores, em que o número de empresas varia de 11 a 61). Tais considerações permitem afirmar que o método escolhido e as duas variáveis discriminantes utilizadas permitem discriminar bem as empresas em termos de

propensão ao uso de telecomunicações.

A Figura (VI.4), a seguir, apresenta a estrutura dos principais resultados obtidos na Análise Discriminante, para cada subsetor.

FAIXA	Nº DE	FAIXA ESPERADA				EMPRESAS
		1	2	3	4	
REAL	EMPRESAS					
0	n1	n11	n12	n13	n14	
1	n2	n21	n22	n23	n24	P
2	n3	n31	n32	n33	n34	
3	n4	n41	n42	n43	n44	

$$n_i = \sum_{j=1}^4 \text{SOMAT } n_{ij} \quad (i=1, \dots, 4)$$

$$n^{\circ} \text{ de empresas com potencial} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j>i} \text{SOMAT } n_{ij}$$

$$n^{\circ} \text{ de empresas líderes} = \sum_{i=2}^4 \sum_{j<i} \text{SOMAT } n_{ij}$$

$$n^{\circ} \text{ de empresas ajustadas} = \sum_{i=1}^4 \text{SOMAT } n_{ii}$$

$$P = 100 \left[\frac{\sum_{i=1}^4 \text{SOMAT } n_{ii}}{\sum_{i=1}^4 \text{SOMAT } n_i} \right]$$

Figura VI.4. Estrutura dos Resultados obtidos do Processo de Segmentação em Cada Subsetor

Uma ilustração da estrutura dos resultados, para o caso do subsetor de transporte rodoviário de carga, de nosso maior interesse, é apresentada na Figura (VI.5) a seguir, onde se destacam em particular o elevado número de empresas com potencial de incremento no uso de telecomunicações (640), entre as quais 597 não usuárias dos serviços da EMBRATEL.

FAIXA REAL	Nº DE EMPRESAS	FAIXA ESPERADA				EMPRESAS AJUSTADAS (%)
		0	1	2	3	
0	16068	15471	495	89	13	94,61
1	218	100	95	20	3	
2	277	35	10	112	20	
3	39	1	0	9	29	

Figura VI.5. Resultados Obtidos na Segmentação Inicial do Subsetor de Transporte Rodoviário de Cargas

Nos subsetores onde os resultados foram satisfatórios e estatisticamente válidos, procedeu-se a um esforço de estimação da ordem de grandeza do potencial de demanda por serviços de telecomunicações. Para tanto, calculou-se o valor estimado do faturamento total que a EMBRATEL poderia vir a realizar em cada segmento, admitindo-se que, uma vez realizado plenamente esse potencial, a média a ser obtida para o faturamento da EMBRATEL por empresa num segmento específico seria aproximadamente igual à média do faturamento da EMBRATEL existente na faixa real que corresponde a esse segmento. Tal procedimento é ilustrado na Figura (VI.6).

FAIXA REAL	Nº DE EMPRESAS	FATURA- MENTO DA EMBRATEL	FATUR. MEDIO DA EMBRATEL	SEG- MENTO	Nº DE EMPRESAS	FATURAMENTO DA EMBRATEL ESTI- MADO NO SEGMENTO
1	n1	X1	X1	I	m1	m1 X1
2	n2	X2	X2	II	m2	m2 X2
3	n3	X3	X3	III	m3	m3 X3
4	n4	X4	X4	IV	m4	m4 X4
		X				Y

$$m_{ij} = \sum_{j=1}^i \text{SOMAT } n_{ij} + \sum_{j=1}^{i-1} \text{SOMAT } n_{ij}$$

n_{ij} definidos como na Figura (VI.4).

$$X = \sum_{i=1}^4 \text{SOMAT } X_i \quad Y = \sum_{i=1}^4 \text{SOMAT } m_i X_i$$

Potencial de demanda estimado no subsetor = $Y-X$

Figura VI.6. Metodologia Aplicada para Estimacão do Potencial de Demanda em Cada Subsetor

Dado que se adotou o processo "stepwise" (por etapas) para construção das funções discriminantes, foi possível avaliar a importância relativa das variáveis receita e número de filiais como fatores explicativos do nível de uso de telecomunicações por parte das empresas. Assim, a ordem de identificação das variáveis discriminantes obedeceu ao critério do maior poder discriminador, quantificado através do coeficiente LAMBDA de Wilks (6). Independentemente desse critério ordenador, adotou-se um critério para inclusão das variáveis discriminantes: aquelas cuja estatística F parcial multivariada era inferior a 1,0 foram desconsideradas.

Constatou-se que a variável receita das empresas teve

poder discriminador consideravelmente maior que o da variável número de filiais. Os diferentes níveis de uso de telecomunicações por parte das empresas são explicados, preponderantemente, pelas diferenças de receita existentes entre elas; o número de filiais desempenha aí papel secundário, revelando-se significativamente associado à própria variável receita.

O potencial de demanda por serviços de telecomunicações, assim estimado, correspondeu a um incremento de cerca de 50% na demanda existente por tais serviços no setor de transportes. O método permitiu ainda identificar os extratos mais promissores em termos de potencial de utilização de telecomunicações, e, mais especificamente, os subsetores onde o potencial de demanda era mais significativo, destacando-se assim oito subsectores. Estes foram objeto de estudo mais detalhado em uma segunda fase do estudo, quando novas informações foram introduzidas, a partir de fontes secundárias. Tais informações eram indicadoras do nível salarial e cultural dos empregados das empresas de transporte, ambos reconhecidamente vinculados ao grau de receptividade das empresas ao uso de novos recursos tecnológicos, em particular das telecomunicações.

VI.2.2. Expansão e Aprimoramento do Estudo Estatístico

Uma avaliação crítica dos resultados obtidos foi então desenvolvida, retomando-se a reflexão a respeito de características das empresas do setor, consubstanciáveis em fatores ou dimensões básicas, que possam ter influência sobre a receptividade ao uso de telecomunicações. Nesse aspecto, foram reconhecidos três fatores fundamentais, a saber:

- poder econômico
- abrangência de atuação em termos geográficos e políticos
- perfil cultural

Os dois primeiros fatores já estavam incluídos no estudo, através das medidas de receita e número de filiais das empresas, contribuindo com satisfatório poder explicativo e discriminante. Assim, a inclusão do terceiro fator poderia não contribuir significativamente, seja para um melhor entendimento do setor, seja para uma considerável alteração das conclusões já alcançadas.

Considerou-se entretanto válida a inclusão do terceiro fator, uma vez que uma eventual disponibilidade de medidas associadas ao nível cultural das empresas poderia revelar a presença

de "nichos" de absorção por telecomunicações, que, ainda que de pequeno porte, seriam caracterizados por estruturas culturais e cognitivas privilegiadas em relação à média do setor. Tinha-se portanto em mente a prospecção de empresas transportadoras com características marcantes de avanço tecnológico e gerencial.

O escopo do estudo foi então expandido, incluindo-se as seguintes informações (7):

- remuneração total no ano dividida pelo número de meses trabalhados, em cada um de dez diferentes níveis de escolaridade (não informado, analfabeto, até a 4ª série incompleta do 1º grau, 4ª série completa do 1º grau, 5ª a 8ª série incompleta do 1º grau, 1º grau completo, 2º grau incompleto, 2º grau completo, superior incompleto, superior completo);
- número de vínculos empregatícios em cada um de dez diferentes níveis de escolaridade;

A partir dessas informações, foram calculados mediante programa, as variáveis número de funcionários, total da remuneração mensal, salário médio e nível médio de escolaridade dos funcionários das empresas.

A base de dados foi assim expandida, incluindo as seguintes variáveis:

- Atividade
- C.G.C.
- Razão Social
- Faixa de Receita
- Indicador
- Capital Nacional
- Faixa de Capital
- Natureza Jurídica
- Código do Município
- Unidade da Federação
- Valor dos Serviços da EMBRATEL
- Se Usuária ou Não da EMBRATEL
- Número de Filiais
- Número de Municípios
- Número de Unidades da Federação
- Receita Média
- Unidades da Federação em que a Empresa tem Filiais
- D.D.D.
- Remuneração Média e Número de Vínculos Empregatícios para cada Faixa de Escolaridade
- Total dos Salários Pagos
- Total de Empregados
- Salário Médio

Procedeu-se então a um estudo descritivo mais completo das variáveis disponíveis. Constatou-se inicialmente que tanto

o número de empregados como o total de salários das empresas apresentavam marcada heterogeneidade em todos os subsetores estudados, corroborando assim o que já se havia verificado com relação à variável receita: as empresas de cada subsetor são consideravelmente heterogêneas em termos de porte. Entretanto, isto já não se verifica de forma tão nítida no caso da variável salário médio. Já quanto à variável escolaridade, verifica-se alto grau de homogeneidade entre as empresas de um mesmo subsetor. Assim, em resumo, pode-se afirmar que, em cada subsetor, as empresas guardam entre si alto grau de heterogeneidade no que concerne às características de porte econômico, abrangência da esfera de atuação político-geográfica e acesso à tecnologia de telecomunicações, sendo cada um desses fatores concentrado em um reduzido número de empresas em cada subsetor. Por outro lado, o perfil cultural e salarial dos funcionários dessas empresas é bastante homogêneo e, em geral, baixo.

As figuras (VI.7) e (VI.8), a seguir, permitem a consideração comparativa dos diferentes subsetores, sob os critérios aqui mencionados.

SUB-SE- TOR	RECÉITA (*)	Nº DE FILIAIS	TOTAL DOS SALÁRIOS (**)	Nº DE EM- PREGADOS	SALÁRIO MÉDIO (***)	ESCOLA- RIDADE	FAT. DA EM- BRATEL (****)
TAPC	5296.7	14.9	2.6	332.4	7.2	9.3	5344.6
TAqC	2592.7	1.8	1.0	131.6	4.5	5.1	869.2
TUP	627.6	1.6	0.9	322.7	2.0	4.2	112.2
OST	549.9	5.6	0.04	18.8	1.9	4.8	818.4
TRP	361.2	6.6	0.3	129.8	1.9	4.6	329.4
TRPC	337.9	6.4	0.2	97.8	2.1	4.6	649.4
TRC	206.0	4.3	0.1	29.6	2.1	4.7	345.4
TUC	110.9	2.4	0.1	31.5	2.3	4.1	361.3

(*) Valores em milhões de cruzeiros por ano

(**) Valores em milhares de salários mínimos

(***) Valores em salários mínimos

(****) Valores em milhares de cruzeiros por mês

Figura VI.7. Estudo Comparativo dos Subsetores pelo Valor Médio das Variáveis Consideradas

SUB-SE- TOR	RECEITA (*)	Nº DE FILIAIS	TOTAL DOS SALÁRIOS (**)	Nº DE EM- PREGADOS	FATURAMENTO DA EM- BRATEL (***)
TRC	2331714	7506	799.0	322222	184443.0
TRP	660689	1774	501.0	207601	18444.2
TUP	481972	85	585.5	213288	1795.0
TAqC	469277	90	146.6	19349	40853.8
OST	449249	593	27.5	11837	53196.2
TAPC	349585	439	157.5	20277	149648.5
TRPC	163879	418	100.3	36675	14286.7
TUC	60471	60471	33.8	14608	2168.1

(*) Valores em milhões de cruzeiros por ano

(**) Valores em milhares de salários mínimos

(***) Valores em milhares de cruzeiros por mês

Figura VI.8. Estudo Comparativo dos Subsetores pelo Valor Agregado das Variáveis Consideradas

O subsetor de transporte aéreo apresenta-se em posição destacada, pois coloca-se em primeiro lugar pelo critério dos valores médios de todas as variáveis estudadas, em particular pela intensidade de uso de telecomunicações, em que esse subsetor é nitidamente destacado dos demais. Em segundo lugar, já bastante distanciado do primeiro, coloca-se o subsetor de transporte aquaviário de carga. Interessa aqui observar que trata-se de dois subsetores nos quais as operações internacionais constituem parcela significativa das atividades das empresas. No que se refere à demanda agregada por telecomunicações em cada subsetor, constatou-se que os subsetores de transporte aéreo e transporte rodoviário de carga são responsáveis por 70% do total da demanda do setor de transportes por telecomunicações. O primeiro subsetor possui reduzido número de empresas que fazem uso intensivo de telecomunicações, enquanto o segundo é constituído por elevado número de empresas que em geral fazem pouco ou nenhum uso dos serviços da EMBRATEL.

VI.2.3. Uma Nova Segmentação do Setor

Com base nos resultados do estudo descritivo, e nas considerações de especialistas a respeito da primeira segmentação realizada, procedeu-se a uma avaliação de critérios e métodos estatísticos adequados para um aprimoramento do processo de segmentação. Convergiram-se para a reapplicação de Análise de Discriminante, que é a técnica estatística apropriada por excelência à segmentação de mercado. Decidiu-se entretanto que, dado o

maior número de variáveis disponíveis, o estudo deveria se apoiar em uma identificação e entendimento preliminar dos principais fatores ou dimensões subjacentes aos dados, pretendendo-se uma redução no número de escalas inicialmente disponíveis. Para tal propósito, seria aplicada, como a técnica estatística mais apropriada, a Análise Fatorial.

é de se notar aqui que, preliminarmente à aplicação de ambas as técnicas mencionadas, optou-se pela exclusão da variável "total dos salários das empresas", uma vez que se trata de informação obviamente redundante, em face da disponibilidade das variáveis "salário médio" e "número de empregados" (8).

VI.2.3.1. Aplicação de Análise Fatorial

Na aplicação de Análise Fatorial, os fatores foram identificados em etapas sucessivas (método "stepwise"), de tal forma que o primeiro fator obtido é o de maior poder explicativo do comportamento observado das empresas, o segundo fator obtido é o segundo em termos desse poder explicativo, e assim sucessivamente. Diferentemente da Análise de Discriminantes, no caso da Análise Fatorial não se estabelece, a priori, uma escala para a definição de faixas delimitadoras de grupos homogêneos, tal como foi adotada a escala de faturamento da EMBRATEL, sendo as demais variáveis consideradas discriminantes (vide a seção "Uma Primeira Partição do Setor, neste Capítulo). Ao contrário, no caso de Análise Fatorial, todas as variáveis são introduzidas

sem distinção.

Na Análise Fatorial foram empregadas as variáveis receita, número de filiais, faturamento da EMBRATEL, número de empregados, salário médio dos empregados, nível médio de escolaridade dos empregados.

Nestas condições, um número máximo de seis fatores podem ser construídos (KIM (1975)), dados por:

$$F_i = \sum_{j=1}^6 p_{ij} X_j \quad (i=1, \dots, 6)$$

onde:

F_i = i-ésimo fator

X_j = j-ésima variável

p_{ij} = coeficiente a ser estimado

De acordo com os valores estimados dos coeficientes p_{ij} , pode-se avaliar o peso relativo de cada variável em cada fator, associando-se assim a cada fator uma dimensão ou conceito básico, subjacente às informações contidas nas variáveis de maior peso em sua construção. A cada fator F_i corresponde ainda um auto-valor LAMBDA_i, que é uma medida do poder explicativo do fator, o que permite uma ordenação dos principais fatores; como um critério mínimo para a inclusão de um fator, optou-se por desconsiderar os fatores F_i para os quais LAMBDA_i < 1,0.

Dentre os diversos métodos de operacionalização de Análise Fatorial, optou-se pela utilização de matriz de correlação entre as variáveis, pela extração de fatores iniciais inferidos

(solução clássica) e pela rotação em fatores ortogonais. A adoção desses procedimentos tem a conveniência de maior robustez em face dos pressupostos do modelo estatístico adotado, bem como de melhor evidenciar, para cada fator, quais as variáveis mais fortemente associadas, permitindo assim mais fácil percepção do significado implícito do fator.

Os principais resultados obtidos estão sumarizados na Figura (VI.9), onde se pode identificar, para cada subsetor, os fatores mais importantes para a explicação do comportamento observado das empresas em cada subsetor.

SUBSETOR	FATOR 1	FATOR 2
TAgc	Econômico	Cultural
TRP	Econômico	Cultural
TRC	Econômico-Tecnológico	Cultural
TRPC	Político-Geográfico	Cultural
TUP	Econômico	Cultural
TUC	Econômico-Tecnológico	Cultural
TAPC	Tecnológico	Cultural
OST	Cultural	Político-Geográfico

Figura VI.9. Dimensões Básicas Associadas aos Fatores mais Significativos

Pode-se observar que o conjunto de informações disponíveis permitiu identificar apenas duas dimensões com considerável poder explicativo em cada subsetor (9), sendo em geral o porte das empresas o mais importante, em alguns subsetores associado ao acesso ao uso de telecomunicações, formando aí um único fator, econômico-tecnológico. Em três subsetores, são características de cunho tecnológico, político-geográfico e cultural que são preponderantes em cada um. Como principal resultado, apre-

sentou-se um elemento novo, o fator cultural, sempre como o segundo em importância, à exceção de um subsetor, onde é ele o mais importante e o fator político-geográfico ficou em segundo lugar. O fator cultural passou então a ser considerado como de peso, superando de forma um tanto surpreendente a importância do fator político-geográfico em todos os subsetores, com uma única exceção.

VI.2.3.2. A Reaplicação de Análise de Discriminantes

A variável faturamento da EMBRATEL foi categorizada nas mesmas quatro faixas adotadas, ficando assim definidos os quatro grupos de empresas: não-usuárias, pequenas, médias e grandes usuárias dos serviços da EMBRATEL. As variáveis receita, número de filiais, número de empregados, salário médio e nível médio de escolaridade serviram como variáveis discriminantes.

Nestas condições, um número máximo de três funções discriminantes podem ser construídas (KLECKA [65]), dadas por:

$$Z_i = \sum_{j=1}^5 a_{ij} X_j \quad (i=1,2,3)$$

onde:

X_j = j-ésima variável discriminante ($j=1, \dots, 5$)

Z_i = i-ésima função discriminante ($i=1, 2, 3$)

a_{ij} = coeficiente a ser estimado.

O processo "stepwise" de construção das funções discriminantes foi aqui novamente aplicado, podendo-se assim conhecer, para cada subsetor, as variáveis que mais contribuem para a discriminação. Aplicou-se novamente o critério de maior poder discriminador (coeficiente LAMBDA de Wilks) para a identificação sucessiva das variáveis discriminantes, e excluíram-se as variáveis para as quais a estatística F parcial multivariada era inferior a 1,0. A Figura (VI.10) contém um resumo dos resultados obtidos, permitindo avaliar o poder discriminador das dimensões econômica, político-geográfica e cultural, com relação ao nível de receptividade das empresas ao uso de telecomunicações em cada subsetor. Em particular, nota-se que as variáveis associadas ao porte das empresas (receita e número de empregados) ocupam os primeiros lugares em todos os subsetores.

SUBSETOR	D I M E N S ã O		
	1º	2º	3º
TAQC	Econômica	Cultural	Político-Geográfica
TRP	Pol.-Geográfica	Econômica	Cultural
TRC	Econômica	Pol.-Geográfica	Cultural
TRPC	Pol.-Geográfica	Econômica	Cultural
TUP	Econômica	Pol.-Geográfica	-
TUC	Econômica	Pol.-Geográfica	Cultural
TAPC	Econômica	Cultural	Político-Geográfica
OST	Econômica	Pol.-Geográfica	Cultural

Figura VI.10. Dimensões em Ordem de Poder Discriminador, por Subsetor

Os resultados do novo processo de segmentação foram expressos pela reclassificação de cada empresa em termos de faixa

real e faixa esperada, em estrutura idêntica à já apresentada na Figura (VI.4). Assim por exemplo a ressegmentação do subsetor de transporte rodoviário de cargas teve como resultado o apresentado na Figura (VI.11).

FAIXA REAL	Nº DE EMPRESAS	FAIXA ESPERADA				EMPRESAS AJUSTADAS (%)
		0	1	2	3	
0	16068	14394	1580	87	7	88.45
1	218	69	126	23	0	
2	277	14	115	137	11	
3	39	0	1	10	28	

Figura VI.11. Resultados do Novo Processo de Segmentação Aplicado ao Subsetor de Transporte Rodoviário de Cargas

Ao se comparar tais resultados com os do processo de segmentação anterior, notou-se um pequeno declínio no percentual (P) de empresas "ajustadas" em cada subsetor, com exceção de apenas um. Esse decréscimo, que não compromete a consistência do método em termos do grau de ajustamento da distribuição das empresas nas faixas esperadas com relação à sua distribuição nas faixas reais, é indicador entretanto de um maior número de empresas com potencial para incrementar o uso de telecomunicações. De fato, o número de empresas consideradas com potencial de uso de telecomunicações (isto é, com faixa esperada > faixa real) aumentou em todos os subsetores, com exceção de um, onde permaneceu estável. Em particular, notou-se um maior número de não-usuárias da EMBRATEL que se revelaram possuidoras de potencial de uso de telecomunicações (empresas com faixa real = 0 e

faixa esperada > 0). Este fato se reveste de significado especial, pois indica empresas com características apropriadas para sua integração na rede brasileira de telecomunicações e que até o momento não têm acesso a essa rede.

A identificação de maior número de empresas com potencial de demanda por telecomunicações motivou o interesse em estimar esse potencial, o que foi feito mediante os mesmos procedimentos mencionados anteriormente (ver Figura VI.6).

Uma comparação entre os resultados obtidos dos dois processos de segmentação permitiu constatar que o potencial de demanda estimado aumentou em apenas 5,3%, enquanto que o número de empresas com potencial aumentou em 125%. O incremento médio de potencial por empresa não é portanto significativo. Entretanto, em alguns subsetores, foi possível identificar agrupamentos específicos contendo reduzido número de empresas, que possuíam apreciável potencial. Nesse sentido, notou-se aqui mais uma vez a especificidade do subsetor de transporte aéreo, onde o aumento do potencial de demanda foi estimado em 70%. É interessante notar que a detecção desse potencial, significativamente maior que o anteriormente calculado, deveu-se justamente à inclusão na análise de informações associadas à dimensão cultural das empresas.

Em subsetores de nível tecnológico e cultural menos avançado, como o de transporte rodoviário de cargas, em geral nota-se que o potencial para incremento no uso de telecomunicações é relativamente reduzido em cada empresa. Entretanto, a

identificação de grandes conglomerados de empresas, ainda que cada uma com pequeno potencial, permite o delineamento de sistemas de telecomunicações de uso compartilhado, no âmbito de cooperativas e associações de transportadores, com considerável potencial de demanda.

VI.2.4. Utilização dos Resultados do Processo de Segmentação para a Pesquisa de Campo

Os resultados do processo de segmentação do mercado foram aproveitados como subsídios ao projeto de um plano de amostragem, estratificada por segmento de mercado, visando à consecução de uma pesquisa de campo. Essa pesquisa, realizada pela UFRJ em cooperação com a EMBRATEL, priorizou o contato direto com empresas transportadoras (entrevistas, estágios) e visou conhecer o modo de operação e administração das empresas, bem como os diferentes estilos de gerência, com vista a testar hipóteses que relacionam tais características com a receptividade, o modo e a intensidade de uso de telecomunicações, bem como avaliar as características operacionais dos sistemas de informação em uso e compará-las com os reais requisitos de processamento de dados e de comunicações nas empresas de modo a colher subsídios para a atuação da EMBRATEL junto ao setor. Paralelamente, desenvolveu-se ainda uma pesquisa de aplicações, na qual buscou-se estabelecer sugestões de aplicações de telecomunicações e informática típicas para o suporte à gerência de operações e à tomada de decisões nos diversos segmentos do setor.

O método estatístico e computacional foi útil como suporte ao desenvolvimento das pesquisas de campo e de aplicações, proporcionando bases de avaliação e previsão adequadamente quantificadas para a projeção dessas pesquisas. Ao se estruturar, simplificar e decompor uma base de dados de grande porte, ficou favorecida a inteligibilidade do setor de transportes e de suas vinculações com as telecomunicações tornando-se mais acessíveis ao entendimento da EMBRATEL diversos segmentos de mercado de significativo potencial, muitos dos quais externos ao restrito conjunto de empresas de maior porte e projeção tecnológica, constituintes do mercado "auto-evidente". (10)

VI.3. UM ESTUDO DETALHADO POR AMOSTRAGEM

VI.3.1. O Plano de Amostragem

Conforme mencionado no item VI.2, o método de Análise de Discriminantes foi útil para a elaboração de um plano de amostragem sobre o setor de transportes, que deu origem a uma pesquisa de campo desenvolvida pelo método de "survey", mais adequado para captar diretamente na amostra de empresas o contexto real das aplicações e necessidades de uso de telecomunicações.

Os objetivos principais do estudo por amostragem foram:

- conhecer melhor o mercado para serviços de telecomunicações no setor de transportes
- identificar fatores que aceleram ou retardam a adoção de telecomunicações nas empresas do setor
- conhecer detalhadamente aspectos específicos do modo de operação e gerência em cada subsetor estudado

Anteriormente ao estabelecimento do plano de amostragem e tendo em vista os resultados da segmentação (Cf. Seção VI.2), todas as empresas foram classificadas em dois grupos: o mercado, formado pelas empresas consideradas como clientes reais ou potenciais da EMBRATEL e o "não mercado", constituído pelas empresas que não são clientes da EMBRATEL nem tampouco têm potencial para tornar-se clientes.

O plano de amostragem aplicado pode ser caracterizado como de amostragem estratificada intencional ou não aleatória, uma vez que os procedimentos utilizados basearam-se na classificação das empresas em termos de "faixa real" e "faixa esperada" (Cf. Seção VI.2) e em uma seleção que privilegiasse as empresas constitutivas do mercado real ou potencial, em face às do não-mercado. Enquanto as primeiras foram selecionadas, sempre que possível, em amostragem de 100% (exceção feita a apenas dois segmentos), as últimas foram selecionadas, mediante sorteio aleatório, como amostras minoritárias do respectivo estrato, tendo como base o arquivo de imposto de renda de pessoas jurídicas do SERPRO.

Assim, a amostra foi constituída de números mais ou menos semelhantes de empresas com potencial e empresas sem potencial, sendo a proporção de cada um destes dois conjuntos na amostra diferente da proporção existente no universo. Assim, sendo N_1 e n_1 o número de empresas com potencial no universo e na amostra e N_2 e n_2 o número de empresas sem potencial no universo e na amostra, respectivamente, tinha-se em geral:

$$N1 \ll N2 \quad e \quad n1 = n2$$

e, conseqüentemente,

$$n1/N1 \gg n2/N2$$

Uma das principais razões para esse procedimento, que caracteriza claramente a amostragem intencional, é justamente a intenção de se estudar em maior profundidade as faixas de maior uso de telecomunicações. Uma amostra estratificada não-intencional ($n1/N2 = n2/N2$) apresentaria tão elevada incidência de empresas sem potencial que os resultados pouco informariam sobre as empresas com potencial. Esta amostra não estaria próxima do mercado potencial para serviços de telecomunicações, como se desejava; por outro lado, a porcentagem de empresas "desajustadas" (fora da diagonal das tabelas "faixa-real" x "faixa esperada") tende a aumentar, no caso de uso da amostragem intencional descrita.

A amostra selecionada abrange um total de 407 empresas das diversas modalidades de transporte, sendo 98 pertencentes ao transporte rodoviário de cargas e 40 pertencentes ao transporte urbano de cargas. Este conjunto de 138 empresas transportadoras de carga, a nível urbano e interurbano, foram escolhidas para estudo mais aprofundado neste trabalho.

Por outro lado, o grau de detalhamento das informações disponíveis nas amostras era consideravelmente superior ao existente no universo, pois abrangia, além das variáveis já mencio-

nadas (Cf. Seção VI.2), outras, relativas aos temas: porte, capital, ritmo de crescimento, características da administração, dispersão geográfica das empresas e dos serviços, nível de instrução dos funcionários, grau de sofisticação do planejamento, grau de dependência com relação a sistemas de informação, tipo de mercado, tempo de duração das operações, tipo de manutenção, prejuízos por perda de carga, aplicações de comunicações existentes, modo e intensidade de uso de comunicação. O arquivo de trabalho referente à amostra de empresas de transporte rodoviário e urbano de cargas comportava um total de 297 variáveis.

Antes do início da pesquisa de campo, os questionários utilizados foram pré-testados em pelo menos uma empresa em cada subsetor. Após a conclusão das entrevistas, todos os questionários preenchidos foram objeto de verificação e crítica de consistência.

VI.3.2. Caracterização da Amostra

A amostra selecionada compunha-se de empresas predominantemente nacionais: apenas uma não declarou ter 100% de capital nacional, quatro são representantes de empresas estrangeiras, 94% têm todo seu faturamento gerado em operações no território nacional e 90% nunca atuaram em rotas ou linhas para o exterior.

A amostra foi escolhida de forma a contemplar empresas sediadas em diferentes regiões por todo o território nacional: 7

na Região Norte, 31 no Nordeste, 51 no Sudeste, 18 no Centro-Oeste, e 31 no Sul.

Encontram-se representadas na amostra as micro, pequenas, médias e grandes empresas, tal como se depreende do número de empregados (25% com menos de 10, 50% entre 10 e 120, 5% acima de 1000), do número de veículos (25% até 5, 50% até 15, 25% entre 15 e 60, 10% acima de 200) e da tonelagem transportada (30% abaixo de 10000, 32% entre 10000 e 1000000).

Quanto ao tipo de carga transportada, predominam as empresas de carga geral (28%), cargas especiais (9%), cargas sólidas a granel (7%), carga líquida (6%), mudanças (5%), carga geral e cargas excepcionais ou indivisíveis (5%) e cargas líquidas (4%). As empresas transportadoras de cargas de terceiros constituem 76% da amostra, sendo 12% empresas de carga própria e 5% agenciadoras de carga. Também se incluíam na amostra 2 transportadores autônomos, 3 empresas transportadoras de carga própria e de terceiros, 2 empresas transportadoras de carga de terceiros e agenciadoras de carga e 2 de arrendamento ou aluguel de veículos.

Conforme esperado (Cf. Seção VI.2), o nível de instrução das tripulações é baixo (mais de 50% é apenas alfabetizada, menos de 15% com 2º grau completo ou superior), fato este relacionado principalmente aos requisitos de performance dos operadores dos veículos e à reduzida experiência internacional das empresas (90% das empresas atuam somente no Brasil e apenas 4 empresas têm escritório no exterior).

VI.3.2.1. As Aplicações Existentes e a Carência de Meios de Telecomunicações e Informática

As empresas entrevistadas revelaram, através de diversos indicadores, operarem em contextos carentes de meios mais rápidos, eficientes e confiáveis de telecomunicações: 55% revelaram que as informações necessárias à sua gerência não existem de forma adequada ou não chegam a tempo; em 41%, a área administrativa revelou-se crucialmente dependente de um sistema de informações rápido, ágil e confiável, o mesmo ocorrendo com a área comercial de 50% das empresas e com a área de operações de 55% delas. Fato por si indicativo do grau incipiente de informatização das empresas, apenas 33% processam dados em computador.

Por outro lado, os indicadores de dispersão geográficas das instalações e das operações atestam bem a necessidade de uso de telecomunicações: 50% das empresas têm instalações dispersas em duas ou mais cidades; 80% realizaram transporte para duas ou mais cidades no ano de 1983, sendo que 20% o fizeram para mais de 100 cidades. Fato também indicativo da necessidade de meios rápidos e confiáveis de telecomunicações o prejuízo com perda de carga em 1983: este foi superior a Cr\$ 1000000,00 em 34% das empresas de transporte rodoviário de carga.

Em contraste com o panorama geral de carência de moder-

nos meios de telecomunicações, algumas poucas empresas dispõem de sistemas privativos, sendo que dez têm sistemas de voz, quatro de grafia e uma de dados. Por outro lado, apenas 12% das empresas dispõem de departamento de telecomunicações.

Os meios de telecomunicações utilizados pelas empresas da amostra e respectivo número de empresas são: mensageiro (59), malote (59), correio (112), telefone-nacional (137), telefone-internacional (28), circuitos de voz (12), ATD (5), telex nacional (59), telex internacional (19), circuitos telegráficos exclusivos (3), transdata (3), móvel marítimo (2) e sistemas privativos de telecomunicações (18).

Para um estudo mais detalhado, foram relacionadas e submetidas à apreciação de especialistas um conjunto de atividades de programação, gerência e controle de operações de transporte. Destas, foram selecionadas 26 para estudo detalhado dos meios de telecomunicações aplicados.

Na Figura (VI.12) apresentam-se as 26 atividades com os respectivos meios de telecomunicações predominantemente utilizados (11), enquanto na Figura (VI.13) apresentam-se o grau de importância e de atendimento atribuídos a cada atividade, ambos na escala de 1 a 100 (12).

Atividade	Meios mais utilizados de telecomun.					
	0	1	3	5	6	8
Reserva espaço p/carga			12.3			71.7
Bolsas ou centrais de fretes						92.8
Coleta carga p/cliên..			32.6	18.1		39.9
Entrega carga destin.	18.8		38.4	14.5		18.8
Aviso ao destino			10.1			75.4
Programação veículos	44.2		19.6			20.3
Escala tripulação	41.3					42.0
Programação coleta de carga	23.2		17.4	12.3		41.3
Planejamento carga	30.4		12.3	10.1		39.1
Reserva recursos auxiliares	13.0					67.4
Program. rota	47.1		11.6			30.4
Controle frota	31.2		23.9	12.3		22.5
Controle armazens	33.3		25.4	12.3		19.6
Controle carga	19.6		10.9			54.3
Controle terminais	17.4					61.6
Controle espaço no veículo	30.4		13.0			44.2
Controle garagens e oficinas	37.0		15.9			33.3
Controle revisão dos veículos	52.9		12.3			23.9
Controle vida útil dos pneus	51.4		11.6			25.4
Controle estoque peças/componentes	36.2					42.8
Contabilidade geral	35.5	10.9	18.8	12.3		
Controle caixa	39.1		13.8	10.9		12.3
Controle financeiro administrativo	31.2		15.2	13.0		18.8
Controle pessoal	38.4	10.9	13.0			15.9
Controle estoques	24.6					42.0
Controle contas correntes	28.3		15.9	12.3	10.9	18.1
Acidente/pane			87.0			
Roubo/extravio carga	25.4		60.9			
Assalto/roubo no veículo	28.3		58.1			

0 = nenhum; 1 = malote/correio/mensageiros; 3 = telefone; 5 = telefone/telex/correio/mensageiro; 6 = telefone/correio/malote/mensageiro; 8 = não tem a aplicação

Figura VI.12. Meios de telecomunicações predominantemente utilizados por atividade

Atividade	nº de empresas	grau de importância	grau de atendimento
Reserva espaço p/carga	35	22.273	23.538
Bolsas ou centrais de fretes	6	2.727	4.769
Coleta carga p/cliente..	78	52.727	50.154
Entrega carga destin.	110	77.576	70.698
Aviso ao destino	30	19.545	22.308
Programação veículos	111	75.455	71.077
Escala tripulação	81	53.939	52.769
Programação coleta de carga	77	51.970	49.231
Planejamento carga	79	52.879	50.769
Reserva recursos auxiliares	37	23.788	25.385
Program. rota	95	64.091	62.462
Controle frota	104	72.879	65.891
Controle armazens	110	73.636	68.000
Controle carga	59	39.242	38.000
Controle terminais	48	31.667	32.923
Controle espaço no veículo	75	50.992	48.462
Controle garagens e oficinas	92	60.458	60.781
Controle revisão dos veículos	106	70.840	68.062
Controle vida útil dos pneus	104	69.771	64.462
Controle estoque peças/componentes	78	53.030	49.385
Contabilidade geral	128	86.107	82.481
Controle caixa	121	84.000	78.769
Controle financeiro-administrativo	111	77.710	73.538
Controle pessoal	116	78.626	75.231
Controle estoques	81	53.333	48.769
Controle contas correntes	110	75.846	71.385

Figura VI.13. Grau de importância e de atendimento atribuídos a cada atividade

Da Figura VI.12, depreende-se a predominância do telefone como principal meio de telecomunicação utilizado nas diferentes atividades de programação, gerência e controle; assim, conhecer melhor o uso de telecomunicações no setor de transporte de carga no Brasil requer um melhor entendimento do modo de uso do telefone, sendo de se mencionar a carência de estudos sobre esse tema (13).

Entretanto, outros meios de telecomunicações, eventualmente mais eficientes, têm participação expressiva: é o caso do telex. A preferência por este meio revela a possibilidade de migração vantajosa, a partir do telefone, em direção a soluções mais avançadas e direcionadas para atividades específicas de programação e controle, especialmente nos casos em que a documentação escrita é parte essencial da comunicação.

As necessidades e carências maiores são evidenciadas pela grande importância atribuída às atividades de entrega de carga ao destinatário, programação dos veículos controle de frota, controle de armazéns, controle de revisão dos veículos e de vida útil dos pneus, contabilidade geral, controle de caixa, controle financeiro-administrativo, controle de pessoal e controle de contas correntes. Trata-se aqui de atividades que, por sua essencialidade, deverão estar eficazmente suportadas por sistemas integrados de telecomunicações e tratamento da informação. Por outro lado, as atividades de reserva de espaço para carga, aviso ao destino, reserva de recursos auxiliares e bolsa

ou centrais de fretes, especialmente esta última, não têm sido atendidas de forma satisfatória, merecendo o estudo de soluções específicas em termos de suporte para comunicação e tratamento da informação pertinente. O fato de os valores atribuídos à importância e ao atendimento serem bastante próximos, para todas as atividades, antes que simples coincidência, reflete simplesmente o fato de que as atividades mais essenciais ao funcionamento da empresa são aquelas que merecem maior prioridade de atendimento.

VI.3.4. O Acesso e a Receptividade ao Uso de Telecomunicações

Reconhecidas as carências e necessidades, o grau de detalhamento das informações recolhidas permite ainda aprofundar o estudo dos principais fatores que influenciam a absorção de serviços de telecomunicações por parte das empresas transportadoras.

Para tanto utilizou-se inicialmente o método de Análise de Variância, escolhendo-se duas variáveis de critério:

- as despesas com telecomunicações, definida como a soma dos gastos com telefone, com serviços da EMBRATEL e com sistemas privados de telecomunicações, abreviadamente GTTC.

- o percentual da receita da empresa investido em telecomunicações, definido como $100 \times (\text{despesas com telecomunicações}) / (\text{faturamento da empresa em 1983})$, abreviadamente INV.

Enquanto o primeiro indicador identifica o maior ou menor acesso das empresas ao uso de serviços de telecomunicações, e pode ser influenciado por seu porte e poder aquisitivo, o segundo é mais indicativo da propensão ou receptividade das empresas ao uso desses serviços, tendo já embutido o fator porte e representando por si a parcela do poder aquisitivo da empresa dedicado ao investimento em telecomunicações.

Com a aplicação do método de Análise de Variância, foi possível identificar fatores que melhor discriminam os grandes usuários de serviços de telecomunicações (variável de critério GTTC), bem como as empresas que dedicam maior parcela de seu orçamento a serviços de telecomunicações (variável de critério INV).

Os fatores aqui estudados incluíram todas as variáveis de nível de medida nominal ou ordinal disponíveis. A inclusão de variáveis de nível de medida intervalar foi feita mediante a aplicação de Análise de Discriminantes, no contexto do projeto Ebratel/UFRJ; uma síntese de seus resultados é apresentada na Seção VI.3.5.

As Figuras VI.14 e VI.15, a seguir, apresentam os principais fatores identificados (14).

Fator	Grupos para os quais é maior o gasto com telecomunicações	Nível de significância
natureza do capital	multinacional	0.005
nível instrução da tripulação	2º grau completo ou superior	0.0000
tipo técnicas planejamento	uso plano integrado ou estratégico	0.018
tipo processamento dados	por computador	0.0029
sistema privativo telecomunicações	sistema privativo disponível	0.0015
tipo sistema privativo	Sist.priv. de voz ou dados	0.0103
uso de malote	malote é utilizado	0.0091
uso de telefone para ligações internac.	telefone usado p/ligações internacionais	0.0002
uso circuito de voz	circuito de voz é usado	0.0001
uso telex nacional	telex nacional é usado	0.0102
uso telex internac.	telex intern. é usado	0.0000
tipo programação coleta de carga	feita com antecedência de 2 dias a 1 semana	0.0001
modo planejamento carga	feito c/antecedência de 2 semanas a 6 meses	0.0000
modo reserva recursos auxiliares	feito c/antecedência de 2 dias a 1 semana	0.0000

Figura VI.14. Fatores mais significativos para o acesso ao uso de serviços de telecomunicações (variável de critério: BTTC)

Fator	Grupos para os quais é maior a parcela do orçamento em telecomunicações	Nível de significância
tipo carga transp.	carga geral/transp. automóveis, geral/sólidas a granel/especiais/containers/excepcionais ou indivisíveis/temperatura controlada, geral/sólidas a granel/especiais/temperatura controlada, sólidas a granel/mudanças	0.0000
classific. da empresa	transportador comercial automóvel, empresa transportadora de carga de terceiros/própria	0.0000

Figura VI.15. Fatores mais significativos para a propensão ao investimento em telecomunicações (variável de critério: INV)

Antes de se propor uma interpretação para os resultados das Figuras (VI.14) e (VI.15), é necessário notar que o porte e dispersão geográfica das empresas foram já anteriormente identificados (Cf. Seção VI.2) como os principais fatores discriminantes da intensidade de uso de telecomunicações por parte das empresas transportadoras: fundamentalmente, o poder aquisitivo (porte, medido pela receita) e a necessidade de comprar (dispersão geográfica, medida pelo nº de filiais) definiam então a intensidade de uso dos serviços da EMBRATEL (medida pelo faturamento da EMBRATEL na empresa).

Assim, as variáveis ora estudadas constituem um acervo de novas informações mais detalhadas, que incluem aspectos do modo operacional e gerencial das empresas, e que permitem uma interpretação mais elaborada do modo e intensidade de uso de te-

telecomunicações nas empresas, que deverá avançar além do que seria possível, tendo como base apenas fontes secundárias de dados. Por outro lado, alguns fatores enumerados nas Figuras (VI.14) e (VI.15) poderão estar diretamente associados aos fatores porte e dispersão geográfica mencionados; sua importância deverá então ser relativizada ao peso desses dois fatores originais, conforme se elabora a seguir.

À partir dos resultados das Figuras VI.14 e VI.15, pode-se traçar uma síntese interpretativa dos principais aspectos, embutidos em variáveis categoriais, que mais significativamente influenciam o acesso e a receptividade ao uso de telecomunicações.

Assim, na amostra considerada, os dispêndios com serviços de telecomunicações são significativamente maiores entre as empresas que pertencem a grupo multinacional, ou cujas tripulações tenham elevado grau de instrução.

Os fatores experiência internacional e grau de instrução, tipicamente conjugados entre si, mas não necessariamente ao porte da empresa, denotam organizações mais sofisticadas e de ampla esfera de atuação, onde as telecomunicações são mais crucialmente necessárias e há maior receptividade ao seu uso.

Quanto às atividades de programação e controle, nota-se que o uso de técnicas avançadas de planejamento é também fator importante para mais intenso uso de telecomunicações. Ao nível das atividades de gerência operacional, a programação da coleta

e o planejamento da carga, associados à reserva de recursos auxiliares, são as funções mais significativamente relacionadas à intensidade de uso de telecomunicações. Assim, o controle sobre o objeto da atividade-fim das empresas (a carga) é significativamente marcante para o maior investimento em telecomunicações.

Quanto aos meios marcadamente associados a maiores gastos com telecomunicações, destacam-se o telefone para ligações internacionais, o telex nacional e internacional, o circuito de voz e, curiosamente, o malote. De fato, as ligações telefônicas internacionais, por seu próprio custo unitário, oneram as despesas com telecomunicações e tendem a ocorrer em empresas mais desenvolvidas e com experiência internacional. Já o uso de telex deve ser entendido como um primeiro estágio de uma possível migração para formas não telefônicas de telecomunicação, já suficientemente difundido para ter peso significativo nas despesas das empresas. (ver Seção VI.2). Os circuitos de voz associam-se a maiores gastos com telecomunicações não por terem custo elevado, mas porque as poucas empresas que a ele têm acesso são de grande porte e fazem uso intensivo deste e de outros meios de telecomunicações. Já a correlação entre uso de malote e maiores despesas com telecomunicações deve ser entendida como subordinada à vinculação de ambas as variáveis ao faturamento das empresas.

Por outro lado, as empresas da amostra que dedicam parcelas significativamente maiores de seus orçamentos por serviços de telecomunicações são as empresas transportadoras de carga própria ou de terceiros e os transportadores autônomos, tendo

com cargas típicas carga geral, automóveis, cargas sólidas a granel, cargas especiais, containers, cargas excepcionais ou indivisíveis, cargas sob temperatura controlada, e mudanças.

VI.3.5. O Papel da Análise Discriminante no Estudo por Amostragem

Para se identificar, entre as empresas selecionadas, eventuais condições de liderança e de potencial de uso de telecomunicações, bem como condições indicativas de processos de migração entre diferentes meios de telecomunicações predominantes, optou-se pela aplicação de Análise Discriminante. Um objetivo não menos importante foi o de identificar as variáveis mais fortemente relacionadas à intensidade e modo de uso de meios de telecomunicações por parte das empresas transportadoras selecionadas.

Para tanto, utilizaram-se como variáveis discriminadas (ou variáveis de critério) três variáveis indicadoras de intensidade de uso de telecomunicações (gastos totais com telecomunicações (GGTC), gastos com serviços da EMBRATEL (VARG22D) e faturamento da EMBRATEL (FAT)), uma variável indicadora de intensidade de uso de comunicações (GTCOM) e uma indicadora do meio de comunicação de uso mais intensivo na empresa (TCPRED). Com exceção da última, as variáveis discriminadas foram categorizadas de forma que, sendo X a variável em questão,

$X = 0 \Rightarrow$ a empresa pertence à faixa real 0

$10^{j-1} \leq X < 10^j \rightarrow$ a empresa pertence à faixa real j (j=1,2,...)

Já a variável discriminada referente ao tipo de comunicação predominante foi classificada em seis diferentes valores.

Nestas condições, procedeu-se a cinco estudos de Análise de Discriminantes.

O processo "stepwise" foi reaplicado, permitindo reconhecer as variáveis que mais contribuíram para a discriminação. Para tanto foi aplicado o coeficiente LAMBDA de Wilks como critério de maior poder discriminador, e excluíram-se as variáveis discriminantes para as quais a estatística F parcial multivariada era inferior a 1,0.

Devido ao reduzido número de empresas a Análise Discriminante somente foi aplicável a três diferentes contextos: à amostra como um todo, à sub-amostra do transporte rodoviário de cargas e à sub-amostra do transporte rodoviário e urbano de cargas. Em particular, o subsetor de transporte rodoviário de cargas, prioritário para os objetivos da pesquisa, foi passível de análise nesta etapa.

A seguir apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

Comparando-se inicialmente os resultados obtidos do estudo por amostragem com aqueles obtidos quando se aplicou Análise de Discriminantes ao universo de empresas pesquisadas, observou-se uma redução no valor do percentual (P) de empresas ajustadas em termos de faixa real x faixa esperada. Embora isto possa parecer paradoxal, em face do número muito maior de variáveis discriminantes utilizadas, é perfeitamente aceitável em função dos seguintes aspectos:

- no estudo relativo ao universo, os altos percentuais de ajuste obtidos eram em grande parte devidos às empresas não usuárias da EMBRATEL que foram classificadas na faixa esperada \emptyset (faixa real = faixa esperada = \emptyset);

- o critério de amostragem ora adotado, caracterizado como amostragem estratificada intencional e privilegiando as empresas com potencial de incrementar o uso de telecomunicações (tipicamente empresas "não ajustadas");

- o número de empresas amostradas, muito menor que o do universo (amostragem de menos de 2%);

- o maior refinamento nas faixas reais e esperadas.

Apenas quando se toma a variável "tipo de comunicação predominante" como critério, o percentual de ajuste é comparável ao obtido quando se estudou o universo, em razão da quase total predominância do telefone, meio de telecomunicações preferido por 95% das empresas pesquisadas.

No caso das demais variáveis de critério, notou-se que P (amostra total) $>$ P (transporte rodoviário de cargas) $>$ P (transporte rodoviário de cargas + transporte urbano de cargas), com exceção do caso da variável GTTC. Este fato pode ser explicado lembrando-se que o número de empresa da amostra total era consideravelmente maior que o do transporte rodoviário de cargas + transporte urbano de cargas; por outro lado, como o transporte urbano de cargas não tinha nenhuma empresa com todas as variáveis discriminantes não "missing" e as variáveis discriminantes do transporte urbano de cargas e do transporte rodoviário de cargas eram idênticas, apenas as informações das empresas do transporte rodoviário de cargas foram efetivamente incluídas na construção das funções discriminantes do transporte rodoviário de cargas + transporte urbano de cargas. Em consequência, o ajuste para o transporte rodoviário de cargas tendeu a ser maior do que para o transporte rodoviário de cargas + transporte urbano de cargas.

É de se notar ainda no estudo por amostragem a marcante predominância de empresas com potencial de uso de telecomunicações, em comparação às empresas líderes, exceção feita apenas à variável critério GTTC, nos casos de transporte rodoviário de cargas e transporte rodoviário de cargas + transporte urbano de cargas. Este fato é relacionado ao plano de amostragem adotado.

Em todas as análises realizadas em toda a amostra, para todos os subsetores, a principal variável discriminante é o tamanho da empresa. Entretanto, as variáveis relacionadas ao modo de operação das empresas são as de maior poder discriminador nos

subsetores de transporte rodoviário de cargas e transporte urbano de cargas.

VI.4. CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido permitiu comprovar a possibilidade de entendimento do setor de transportes sob um novo enfoque, qual seja, o de considerar suas empresas enquanto usuárias de informática e telecomunicações. Nesse sentido, importa enfatizar as principais condições que deram ensejo a tal entendimento, a saber:

- um esforço de pesquisa e estruturação da base de dados pertinente

- uma metodologia especialmente desenvolvida para simplificação e aproveitamento das informações disponíveis, capaz de estabelecer o elos de ligação entre as dimensões econômica, político-geográfica, tecnológica e cultural que interferem no processo decisório das empresas e na sua necessidade e acessibilidade à rede de telecomunicações e aos recursos da informática

- um estudo de campo especialmente projetado e realizado no âmbito do projeto Embratel/UFRJ, para resgatar junto às empresas transportadoras um rico acervo de informações, que abran-

giam seu modo de operação e gerência, e que transcendiam de muito os dados disponíveis em fontes secundárias.

Como uma síntese dos principais resultados obtidos, cabe mencionar:

- uma caracterização detalhada do setor de transportes, em seus aspectos econômico, geográfico, cultural, operacional, tecnológico e organizacional

- a verificação de um considerável potencial de adoção de telecomunicações por parte das empresas transportadoras, com identificação caso a caso das empresas que têm esse potencial

- uma caracterização do modo e intensidade de uso da telemática para as diferentes atividades essenciais à função de transporte e um diagnóstico da inserção atual e potencial das telecomunicações no setor de transporte rodoviário de cargas

A riqueza das informações obtidas das fontes consultadas, e especialmente da pesquisa de campo, permitiria, caso exaustivamente explorada, a obtenção de resultados mais abrangentes que os aqui apresentados. No entanto, o estudo permite evidenciar principalmente a potencialidade da metodologia desenvolvida como instrumento de investigação, abrindo perspectivas para melhor compreensão de um fenômeno ainda tão pouco conhecido como é o processo de telematização do subsetor de transporte rodoviário de cargas no Brasil. Ao tempo em que esta pesquisa se

desenvolveu, os setores preferidos para estudo desse fenômeno eram outros (basicamente, o setor industrial, o setor bancário, os seguros e os escritórios). Pode-se entretanto afirmar que o setor de transportes, por suas características específicas e suas potencialidades de absorção da telemática, está entre aqueles que merecerão, em futuro não muito distante, estudos específicos mais aprofundados, para análise e prospecção de tendências tecnológicas e organizacionais.

NOTAS

(1) As instituições contactadas nesta fase foram:

- Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT)
- Departamento de Aviação Civil (DAC) do Ministério da Aeronáutica
- Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (EBTU)
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER)
- Superintendência Nacional de Marinha Mercante (SUNAMAM)
- Empresa de Portos do Brasil S.A. (PORTOBRÁS)
- Rede Ferroviária Federal (RFFSA)
- Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA)
- Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviários de Carga (NTC)

(2) As fontes secundárias que deram suporte ao estudo nesta fase foram:

- Cadastro dos clientes da EMBRATEL, com informações relativas aos dispêndios com uso de serviços de telecomunicações no mês de setembro de 1983;
- Cadastro de Imposto de renda de pessoas jurídicas do SERPRO relativo ao ano de 1983.

(3) Os dados referentes a características culturais dos funcionários das empresas ainda não eram disponíveis nesta fase.

(4) Os serviços de telecomunicações oferecidos pela EMBRATEL no período estudado eram:

- Telex Nacional
- Telex Internacional
- Sicram Telefonia Privativa
- Aluguel Permanente de Circuito Especial de Telegrafia Nacional
- Aluguel Permanente de Circuito de Voz Nacional
- Aluguel de Serviço Especial de Dados Nacional
- Reparte
- Comunicação de Dados - Fase Zero
- Aluguel de Serviço não Especializado
- Aluguel Permanente de Circuito Especial de Telegrafia Internacional
- Aluguel Temporário de Circuito Especial de Telegrafia Internacional
- Aluguel Permanente de Circuito de Voz Internacional
- Aluguel Temporário de Circuito de Voz Internacional
- Aluguel Permanente de Circuito Especial de Dados Internacional

(5) Para execução dos cálculos estatísticos mencionados neste capítulo, foi utilizado o "SPSS" ("Statistical Package for the Social Sciences"), versão 6. Vide NIE et alii [66].

(6) O coeficiente LAMBDA de Wilks é uma medida da parcela da variância total subjacente à base de dados que permanece inexplicada após a inclusão de cada variável na função discriminante (KLECKA [65]). Assim, LAMBDA é uma medida inversa do poder explicativo da variável.

(7) Informações estas provenientes da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), relativa ao ano de 1983.

(8) Além disso, verificou-se que as variáveis salário médio e número de empregados eram altamente correlacionadas.

(9) Em todos os subsetores, verificou-se

$$\begin{aligned} \text{LAMBDA} &> 1 \\ &1 \\ \text{LAMBDA} &> 1 \\ &2 \\ \text{LAMBDA} &< 1 \text{ para } i >= 3. \\ &i \end{aligned}$$

(10) Ver MARTINS [80].

(11) Os meios de TC considerados predominantes em cada aplicação são aqueles usados por pelo menos 10% das empresas.

(12) Os graus de importância e de satisfação do atendimento são medidos em escalas de 0 a 100, a partir de valores originalmente apontados pelas empresas, em escalas de 0 a 5, para cada aplicação.

(13) Uma valiosa exceção, em contexto de país em desenvolvimento, sujeito a intensas desigualdades regionais e explosão populacional é dada por MODAK e PATKAR [53].

(14) Somente os fatores para os quais a estatística F da Análise de Variância é significativa ao nível de 5% foram incluídos nas Figuras (VII.14) e (VII.15).

CAPÍTULO VII

PROPOSTA DE MODELAGEM DO "TRADE-OFF" ENTRE TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

VII.1. INTRODUÇÃO

O papel anti-entrópico da informação é apontado na Ciência Natural Moderna e está no cerne da interpretação oferecida pela Bioquímica Molecular para a formação dos organismos vivos. (1) Com a evolução de formas de vida de crescente complexidade, cresce o estoque da informação genética e torna-se mais complexa a comunicação a nível individual e coletivo. (2)

Com o advento da espécie humana e a superação da evolução socio-biológica pela evolução socio-cultural, permanecem entretanto necessidades e funções típicas tanto de uma como de ou-

tra destas tendências evolucionárias. Em particular, os transportes e as comunicações são exemplos de funções essenciais à vida humana, sendo a primeira indicativa de nosso ancoramento enquanto seres socio-biológicos e a segunda essencial para a emergência da evolução socio-cultural. Mais ainda, essas duas funções são intimamente relacionadas, pois o transporte socialmente significativo somente é viável mediante duas condições: o aporte socialmente significativo de energia e a intervenção coordenadora (anti-entrópica) da comunicação (3). Em comparação com outras atividades produtivas geograficamente mais concentradas, a atividade de transportes tem maiores necessidades de uso de comunicações para programação e controle do fluxo de objetos, veículos e pessoas geograficamente dispersos. De fato, o uso intensivo de comunicações nos transportes tende a converter atividades produtivas geograficamente dispersas e técnica e economicamente desvinculadas em mega-sistemas produtivos coordenados e integrados na escala da economia mundial. O transporte de matéria ao nível praticado pelas economias industrializadas requer o aporte de recursos energéticos de tal ordem que a função coordenadora e anti-entrópica da comunicação lhe é essencial.

A relevância das comunicações nas empresas transportadoras permite mesmo uma classificação e entendimento dessas empresas sob a ótica do uso de telecomunicações (4).

As evidências apresentadas motivaram o interesse em testar estatisticamente a hipótese de que o uso de comunicações teria um papel ordenador no sentido específico de contribuir para um aprimoramento da eficiência energética das empresas brasi-

leiras de transporte rodoviário de carga. Mais especificamente, supunha-se que um maior uso de comunicações pudesse contribuir "ceteris paribus" para um incremento na "performance" das empresas transportadoras, medida através de uma escala de produtividade por unidade de consumo energético.

Neste capítulo, é apresentado um modelo que objetiva oferecer medidas para avaliação do "trade-off" entre comunicações e uso de energia no transporte rodoviário de carga.

O modelo tem na empresa de transporte rodoviário seu objeto e busca testar estatisticamente a significância e a intensidade da contribuição oferecida pelo uso de comunicações ao incremento da produtividade da empresa por unidade de dispêndio energético, tendo como variáveis de controle indicadores de porte, quilometragem percorrida, nível salarial dos funcionários, carga transportada e idade da frota. Em face das informações disponíveis, o modelo é testado e permite a obtenção de estimativas e o teste de hipóteses.

VII.2. PROPOSTA E DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Sejam

W = medida de uso de comunicações

Z = medida de consumo de combustível

X_1, X_2, \dots, X_m = indicadores de produtividade, como toneladas transportadas, toneladas-km transportadas, receita.

V_1, V_2, \dots, V_k = variáveis indicadoras de outros fatores que influenciam a receptividade à utilização de comunicações e a eficiência no uso de energia, tais como grau de instrução dos funcionários, nível salarial, grau de experiência internacional, dispersão geográfica, etc.

O modelo proposto seria então representado pelas equações:

$$\frac{X_i}{Z} = f_i(W, X_1, V_1, V_2, \dots, V_k) \quad (i = 1, \dots, m)$$

onde X_1 = receita

Através de modelagem de regressão, as estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como as estatísticas R^2 , F , t e as correlações parciais entre (X_1/Z) , (X_2/Z) , ..., (X_m/Z) e W podem ser calculadas e serão úteis para avaliar estatisticamente a influência do uso de comunicações sobre a eficiência no uso de energia.

VII.2.1. A Base De Dados

O estudo proposto requer o acesso a medidas de consumo energético, uso de comunicações e produtividade, por empresa, inexistentes nas bases de dados até então utilizadas na pesquisa (Cf. Capítulo VI). Desta forma, impôs-se a pesquisa de fontes alternativas de dados preferencialmente estruturados em meio físico adequado. Tal pesquisa resultou no acesso aos dados da Pesquisa Anual sobre Empresas do Transporte Rodoviário de Carga da Fundação IBGE, referentes ao ano de 1983. O arquivo solicitado inclui 13949 empresas de transporte rodoviário de passageiros e transporte rodoviário de carga, com e sem itinerário fixo, conforme especificado na Figura (VII.1) a seguir.

Tipo de transporte	Tipo de itinerário	Número de empresas
De passageiros	Fixo	2716
De passageiros	Não fixo	700
De cargas	Fixo	1609
De cargas	Não fixo	8706
Outros		218

Figura VII.1. Caracterização das Empresas por Tipo de Transporte

Para cada empresa, dispunha-se de um conjunto de 107 variáveis, indicadoras de tipo de atividade, investimentos, desinvestimentos, pessoal ocupado, salários, despesas gerais e operacionais, receita, natureza e extensão das rotas, gastos com combustível e natureza e porte da frota. Destas variáveis, foram escolhidas para suporte do estudo estatístico aquelas rela-

cionadas na Figura (VII.2) a seguir.

Variável	Especificação
AT	ATIVIDADE
	INVESTIMENTOS NO ANO:
INV1	Total
INV2	Em Máquinas, Aparelhos e Equipamentos Novos
INV4	Em Meios de Transporte Novos
	PESSOAL OCUPADO:
PESSOAL1	Total
PESSOAL3	De Tráfego e Apoio
	SALÁRIOS, RETIRADAS E OUTRAS REMUNERAÇÕES:
SAL1	Total
SAL3	Pessoal de Tráfego e Apoio
	DESPESAS GERAIS NO ANO:
DESGER1	Total
DESGER2	Com Comunicação
	DESPESAS OPERACIONAIS NO ANO:
DESOP1	Total
DESOP3	Impressos Utilizados no Tráfego
	RECEITA NO ANO:
REC1	TOTAL
	TRANSPORTE DE CARGAS E ENCOMENDAS
RECS	Total
REC9	Linhas Regulares Municipais
REC10	Linhas Regulares Intermunicipais
REC11	Linhas Regulares Interestaduais
REC12	Linhas Regulares Internacionais
REC13	Sem Itinerário Fixo
	NATUREZA DAS LINHAS:
	Com Itinerário Fixo - Municipais
NAT4	Cargas e Encomendas Transportadas
	Com Itinerário Fixo - Intermunicipais
NAT8	Cargas e Encomendas Transportadas
	Com Itinerário Fixo - Interestaduais
NAT12	Cargas e Encomendas Transportadas
	Com Itinerário Fixo - Internacionais
NAT16	Cargas e Encomendas Transportadas
NAT18	Sem Itinerário Fixo - Cargas e Encomendas Transportadas
COMB1	COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES CONSUMIDOS NO ANO

Figura VII.2. Especificação das Variáveis Constituintes do Arquivo de Trabalho

Para dar suporte aos testes estatísticos, foram geradas novas variáveis, especificamente direcionadas para medidas de interesse direto para o estudo, tais como indicadores de eficácia energética e de intensidade de uso de comunicações, conforme

especificado na Figura (VII.3) a seguir.

Variável	Método de Cálculo
EFIC	REC1/COMB1
INUCOM1	DESGER2/REC1
INUCOM2	DESGER2/(DESGER1 + DESOP1)
INUNOV	INV2 + INV4
SALMED1	SAL1/PESSOAL1
SALMED2	SAL3/PESSOAL3
PRECONFIX	REC13/NAT18
NATFIX	NAT4 + NAT8 + NAT12 + NAT16
RECFIX	REC9 + REC10 + REC11 + REC12
PRECOFIX	RECFIX/NATFIX

Figura VII.3. Especificação das Variáveis Criadas

VII.3.2. Uma Primeira Abordagem: Classificação e Segmentação pela ótica da Eficiência Energética

A pertinência das variáveis originais e criadas para investigação dos fatores determinantes da eficiência energética das empresas transportadoras foi inicialmente testada mediante a aplicação de Análise de Discriminantes. Assim, a variável EFIC foi escolhida como variável de critério e discretizada como a seguir:

Se $REC1 = 0$ ou $COMB1 = 0$ -----> a empresa pertence ao grupo "-999999" (não classificada)

Se $10^k \leq EFIC \leq 10^{k+1}$ -----> a empresa pertence ao grupo k

(k = ..., -2, -1, 0, 1, 2, ...)

Desenvolveram-se separadamente dois estudos de Análise de Discriminantes, um para empresas com itinerário fixo e outro para empresas sem itinerário fixo. As variáveis adotadas como variáveis discriminantes foram distintas para cada uma dessas modalidades e estão relacionadas na Figura (VII.4).

Natureza do itinerário	
Fixo	Não fixo
PRECOFIX	PRECONFIX
INVCOM1	INVCOM1
INVCOM2	INVCOM2
INVNOV	INVNOV
PESSOAL1	PESSOAL1
SAL1	SAL1
DESGER1	DESGER1
DESGER2	DESGER2
DESOP1	DESOP1
DESOP3	DESOP3
REC1	REC1
RECB	RECB
RECFIX	REC18
NATFIX	NAT18
COMB1	COMB1
VEIC1	VEIC1
VEICCAR	VEICCAR
SALMED1	SALMED1
SALMED3	SALMED3

Figura VII.4. Relação de Variáveis Discriminantes

Da Figura (VII.4) pôde-se concluir que as variáveis discriminantes adotadas no estudo são essencialmente indicadoras de porte e investimentos e elementos da estrutura de custos das

empresas. Em função da amplitude dos valores assumidos por EFIC e do número de variáveis discriminantes foram definidos cinco grupos e um número máximo de quatro funções discriminantes para o caso de empresas com itinerário fixo, e mesmo número de grupos e máximo de funções discriminantes para empresas sem itinerário fixo.

O modo de interpretação dos resultados é análogo ao adotado anteriormente (Cf. Capítulo VI, em especial Figuras (VI.2), (VI.3) e (VI.4)). Os quadros de distribuição das empresas com e sem itinerário fixo, por faixa real e faixa esperada de eficiência energética, são apresentados nas Figuras (VII.5) e (VII.6), respectivamente.

Faixa real		Faixa esperada				
Código	Significado	Total	0	1	2	3
-1	$10 \leq \text{EFIC} < 10$	1	1	0	0	0
0	$10 \leq \text{EFIC} < 10$	1366	0	1239	122	5
1	$10 \leq \text{EFIC} < 10$	206	0	93	98	15
2	$10 \leq \text{EFIC} < 10$	11	0	4	4	3
3	$10 \leq \text{EFIC} < 10$	23	0	17	6	0

Percentual de empresas ajustadas = 84.55%

Figura VII.5. Distribuição das Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas com Itinerário Fixo por Faixa Real e Faixa Esperada de Eficiência Energética

Faixa real		Faixa esperada				
Código	Significado	Total	0	1	2	3
0	1 \leq EFIC < 10 ²	7631 7177	261	192	1	0
1	10 \leq EFIC < 10 ³	846 504	221	113	6	2
2	10 \leq EFIC < 10 ⁴	59 22	13	23	1	0
3	10 \leq EFIC < 10 ⁵	5 1	0	2	2	0
4	10 \leq EFIC < 10 ⁵	1 0	0	0	0	1

Percentual de empresas ajustadas = 86.91%

Figura VII.6. Distribuição das Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas sem Itinerário Fixo Por Faixa Real e Faixa Esperada de Eficiência Energética

O elevado percentual de empresas ajustadas é um primeiro indicador da adequação do método e do poder discriminador das variáveis escolhidas. Em particular, é interessante observar a existência de empresas com potencial de vir a incrementar sua eficiência energética, conforme se pode concluir de informações indicativas de seu porte e estrutura de custos. Assim, das evidências levantadas conclui-se pela existência de empresas com potencial de vir a incrementar sua eficiência energética, sendo que em algumas delas esse incremento poderá se dar na proporção de 1:100 ou mesmo de 1:1000. Configura-se aqui a identificação de empresas carentes de uma melhor alocação de recursos para otimização da "performance" energética. Por outro lado, nota-se também a existência de algumas empresas cuja eficácia energética real é significativamente superior à que se poderia esperar de seu porte e estrutura de custos: temos aqui a condição de liderança e otimização do uso da energia, casos que merecem estudo

mais detalhado para conhecimento do contexto tecnológico e organizacional específico.

A adoção do processo "stepwise" (Cf. Seção VI.2) de construção de funções discriminantes permitiu a avaliação da importância de cada variável como fator explicativo da maior ou menor eficiência energética das empresas. A ordem de inclusão das variáveis discriminantes deu-se segundo o valor da estatística LAMBDA de Wilks e da estatística F parcial multivariada. A relação das variáveis por ordem de poder discriminador para empresas com e sem itinerário fixo encontra-se nas Figuras (VII.7) e (VII.8), respectivamente.

INº de ordem	Variável	LAMBDA de Wilks
1	INVCOM1	0.064452
2	INVCOM2	0.056902
3	REC8	0.051527
4	COMB1	0.047100
5	RECFIX	0.043747
6	SALMED1	0.041712
7	DESGER2	0.040643
8	PESSOAL1	0.039587
9	SAL1	0.038526
10	PRECOFIX	0.037799
11	VEIC1	0.037297
12	SALMED3	0.036973
13	DESOP1	0.036641
14	DESGER1	0.036417
15	NATFIX	0.036242

FIGURA VII.7. Relação das variáveis por ordem de poder discriminador para empresas com itinerário fixo

INº de ordem	Variável	LAMBDA de Wilks
1	REC1	0.889544
2	REC8	0.815636
3	COMB1	0.751453
4	DESGER2	0.723634
5	DESOP1	0.701569
6	SAL1	0.664722
7	DESGER1	0.628803
8	SALMED1	0.609854
9	PESSOAL1	0.603965
10	REC13	0.599274
11	DESOP3	0.594406
12	NAT18	0.590202
13	INVNOV	0.587024
14	SALMED3	0.585880
15	INVCOM2	0.584725
16	INVCOM1	0.582316
17	VEICCAR	0.581324
18	VEIC1	0.578289
19	PRECONFIX	0.577649

FIGURA VII.8. Relação das variáveis por ordem de poder discriminador para empresas sem itinerário fixo

Para todos os valores da estatística LAMBDA de Wilks, apresentados nas Figuras (VII.7) e (VII.8) foram observados níveis de significância dados por 0.0000. Por outro lado, o nível de significância da estatística F entre pares de grupos era também dado por 0.0000. Corroborar-se assim a hipótese de que as variáveis escolhidas têm alto poder discriminador para a escala de eficiência energética.

No caso de empresas transportadoras com itinerário fixo, são notáveis as posições ocupadas, na ordem de inclusão na análise, das variáveis INUCOM1 e INUCOM2, que medem precisamente a prioridade dos gastos em comunicações na estrutura de custos das empresas (Cf. Figura (VII.3)). Desta forma, a relação entre os gastos com comunicação e a receita das empresas e a parcela das despesas gerais e operacionais aplicada em comunicações são os dois fatores mais importantes para discriminação entre grupos de empresas de maior ou menor eficácia energética. Os gastos totais em comunicação ocupam o sétimo lugar na ordem de inclusão na análise, sendo mais relevantes variáveis indicativas de receita e salário médio. Interessa ainda notar que o valor específico da tarifa da mercadoria transportada e determinados indicadores de porte, tais como o número de empregados, o total dos salários, o número de veículos, o total das despesas e a carga transportada são variáveis de menor importância na discriminação.

Já no caso de empresas transportadoras sem itinerário fixo, as variáveis indicativas de aplicação em comunicações ocupam as posições de número quatro (total das despesas em comuni-

cações), onze (impressos utilizados no tráfego), quinze (despesas em comunicação / receita) e dezesseis (despesas em comunicações / total das despesas gerais e operacionais). As variáveis discriminantes da eficiência energética dizem respeito principalmente à receita (note-se que as despesas com combustível constituem variável notadamente correlacionada à receita. De relativa importância são também as variáveis indicativas de total das despesas (gerais e operacionais), salário (total e médio), carga transportada e investimento em veículos e equipamentos novos. Fato significativo, o valor específico da tarifa da mercadoria transportada é a variável de menor importância em termos de poder discriminador.

VII.2.2. Estudo dos Fatores Constitutivos da Eficiência Energética

Para melhor pesquisar a contribuição dos gastos em comunicações e de outros fatores como explicantes das diferenças de eficiência energética observadas entre as empresas, e também em busca de estimativas para um possível "tradeoff" entre uso de comunicações e uso de energia, foi investigada a possibilidade de aplicação de outras técnicas estatísticas, neste caso mais adequadas que a Análise de Discriminantes, tal como a Análise de Regressão.

Em virtude de seus diferentes modos operacionais e, conseqüentemente, de suas diferentes necessidades de programação e controle, foram considerados separadamente dois grupos de empresas: com itinerário fixo e sem itinerário fixo. Assim, tendo sempre o indicador de eficiência energética (EFIC) como variável a ser explicada, as variáveis explicativas para os casos de empresas com e sem itinerário fixo foram escolhidas como na Figura VII.9, onde também são indicadas as variáveis tidas como potenciais introdutoras de multicolinearidade nos modelos, tal como verificado em estudo preliminar de correlação.

Natureza do itinerário	
Fixo	Não fixo
PRECOFIX	PRECONFIX
INVCOM1(*)	INVCOM1(*)
INVCOM2(*)	INVCOM2(*)
INVNOV	INVNOV
PESSOAL1	PESSOAL1
SAL1	SAL1
DESGER1(*)	DESGER1(*)
DESGER2	DESGER2
DESOP1(*)	DESOP1(*)
DESOP3	DESOP3
REC1	REC1
RECB(*)	RECB(*)
RECFIX(*)	REC13(*)
NATFIX	NAT18
COMB1	COMB1
VEIC1	VEIC1
VEICCAR(*)	VEICCAR(*)
SALMED1	SALMED1
SALMED3(*)	SALMED3(*)

(*) Potenciais introdutoras de multicolinearidade nos modelos

Figura VII.9. Relação de Variáveis Explicativas nos Modelos de Regressão

Da Figura VII.9, depreende-se que as variáveis explicativas dos modelos incluem medidas de despesas com comunicação (DESGER2, DESOP3, INVCOM1, INVCOM2), receita (REC1, RECB, REC13, RECFIX, RECNFIX), porte (VEIC1, NATFIX, NAT18, SAL1, PESSOAL1), consumo energético (COMB1), idade da frota (INVNOV), valor específico da tarifa (PRECOFIX, PRECONFIX), nível salarial dos funcionários (SALMED1, SALMED3) e despesas (DESGER1, DESOP1).

Para estudar a influência dessas variáveis sobre a eficiência energética das empresas, desenvolveu-se um estudo de estatísticas descritivas detalhadas por sub-amostras em diferentes níveis de eficiência energética, a saber: EFIC qualquer,

EFIC ≥ 1 , EFIC ≥ 10 , EFIC ≥ 20 , EFIC ≥ 50 , EFIC ≥ 100 . Os

resultados assim obtidos evidenciaram que, para empresas com itinerário fixo, tanto as despesas com comunicações como as com impressos utilizados no tráfego apresentavam valores médios crescentes, à medida que se consideravam empresas de maior eficiência energética. Já entre empresas sem itinerário fixo era o nível salarial médio dos funcionários a variável cuja média apresentava valores marcadamente crescentes, à medida que se consideravam empresas energeticamente mais eficientes.

As primeiras indicações assim obtidas sobre as relações entre uso de comunicações e eficácia energética motivaram o interesse em um estudo mais aprofundado, a ser desenvolvido através de modelos de regressão múltipla.

Desenvolveram-se assim separadamente dois modelos, um para empresas com itinerário fixo e outro para empresas sem itinerário fixo. Os ajustes inicialmente obtidos foram bastante pobres, em função do alto grau de heterogeneidade tecnológica e organizacional existente entre as empresas, que impediu a extração de um único padrão representativo da composição das variáveis explicativas mais ajustado à eficiência energética das empresas.

Diante de tais dificuldades, colocou-se a hipótese de que as empresas de maior eficiência energética deveriam operar mais próximas do ponto de alocação ótima dos recursos, de tal forma que não deveriam existir discrepâncias significativas de cada empresa com relação a um determinado padrão ótimo, a ser investigado, de alocação de recursos. Esse padrão ótimo, supunha-se, deveria se traduzir em combinações lineares dos insumos

que comporiam a função definidora da "eficiência energética próxima do ótimo".

Tais considerações sugeriram a conveniência de se aplicar o modelo de regressão, sucessivamente, a sub-conjuntos de empresas de crescente eficiência energética. Para tanto, estabeleceram-se os cortes dados pelos patamares de EFIC qualquer, $EFIC \geq 1$, $EFIC \geq 10$, $EFIC \geq 20$, $EFIC \geq 50$ e $EFIC \geq 100$. A melhoria obtida nos ajustamentos, à medida que se consideravam empresas de maior eficiência energética, foi notável, conforme detalhado na Figura (VII.10). (5) Pode-se assim esperar que, entre as empresas de maior eficiência energética, será possível investigar a combinação linear "ótima de recursos" e avaliar a contribuição de cada um destes, em particular das comunicações, para a "performance" observada das empresas.

EFIC	Modelo	Empresas com itinerário fixo				Empresas sem itinerário fixo			
		N	R	F	F	N	R	F	F
qualquer	C	926	18	19.72	12.302	4494	19	23.65	172.953
	S	967	11	16.24	16.834	4806	10	14.02	178.178
>= 1	C	921	18	20.02	12.545	4492	19	23.66	172.926
	S	962	11	16.33	16.857	4804	10	14.02	178.145
>= 10	C	175	18	29.80	3.679	620	18	33.69	0.005
	S	184	11	21.06	4.172	696	11	20.60	16.131
>= 20	C	73	17	38.89	2.059	246	19	44.89	9.689
	S	80	10	24.64	2.256	299	11	26.78	9.543
>= 50	C	14	12	99.89	74.158	75	16	90.47	34.417
	S	19	10	87.27	5.484	111	10	68.67	21.921
>= 100	C	6	4	100.00	651210	28	18	99.81	263.09
	S	8	6	99.79	79.713	50	11	94.53	59.657

C = modelo completo;

S = modelo simplificado, com correção de multicolinearidade

N = número de empresas

1

N = número de variáveis explicativas incluídas

2

Figura VII.10. Ajustamentos Obtidos em Função de Diferentes Patamares de Eficiência Energética.

As Figuras VII.11, VII.12, VII.13, VII.14, VII.15, VII.16, VII.17 e VII.18 contêm em detalhe os resultados de Análise de Regressão para os sub-conjuntos de empresas definidos por EFIC ≥ 50 e EFIC ≥ 100 , para os casos de empresas com e sem itinerário fixo; são apresentados dois modelos para cada caso: um contendo todas as variáveis explicativas especificadas na Figura VII.9 e outro mais simplificado, contendo um reduzido número de variáveis explicativas, obtidas da Figura VII.9 após a

exclusão de variáveis potencialmente causadoras de multicolinearidade.

Foi adotado o método "stepwise" de inclusão de variáveis na análise, mediante o cálculo da estatística F parcial multivariada para cada variável explicativa "candidata" a inclusão e a especificação de um patamar mínimo para a parcela P da variância dessa variável não explicada pelas outras variáveis já incluídas na análise. Foram adotados valores bastante tolerantes para F e P (0.01 e 0.001, respectivamente) (Cf. KIM e KOHOUT [81], pp. 337 a 346).

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
PRECOFIX	0.520 10 ⁻²	16.727	f	1.176
INVCOME	-17177.56	46.620	e	-2.320
SALMED1	0.883 10 ⁻⁴	81.651	e	1.017
NATFIX	0.137 10 ⁻²	16.603	f	3.353
DESOP3	-0.687 10 ⁻⁵	8.609	f	-0.915
SAL1	0.925 10 ⁻⁶	66.499	e	6.361
COMB1	-0.415 10 ⁻⁵	22.807	f	-1.868
DESOP1	0.514 10 ⁻⁶	72.940	e	9.053
RECFIX	-0.569 10 ⁻⁶	73.506	e	-17.792
DESSER1	0.659 10 ⁻⁶	99.682	e	3.915
VEICCAR	0.533	28.008	f	1.191
INUNOV	-0.208 10 ⁵	10.629	f	-0.357
(CONSTANTE)	31.151			

Níveis de significância (ALFA):

- a - ALFA \leq 0.005
- b - 0.005 < ALFA \leq 0.01
- c - 0.01 < ALFA \leq 0.025
- d - 0.025 < ALFA \leq 0.05
- e - 0.05 < ALFA \leq 0.10
- f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.11. Resultados do Modelo Completo de Regressão Linear Múltipla para Empresas com Itinerário Fixo e EFIC \geq 50

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
DESOP3	-0.231 10 ⁻⁴	0.172 10 ⁸	a	-4.566
NATFIX	0.101 10 ⁻²	0.117 10 ⁷	a	3.909
VEICCAR	0.494	0.286 10 ⁷	a	0.427
SALMED3	-0.373 10 ⁻⁵	0.521 10 ⁴	b	-0.052
(CONSTANTE)	116.56			

Níveis de significância (ALFA):

a - ALFA \leq 0.005

b - 0.005 < ALFA \leq 0.01

c - 0.01 < ALFA \leq 0.025

d - 0.025 < ALFA \leq 0.05

e - 0.05 < ALFA \leq 0.10

f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.12. Resultados do Modelo Completo de Regressão Linear Múltipla para Empresas com Itinerário Fixo e EFIC \geq 100

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes				
	Não Standard		F	Significância	Standard
COMB1	-0.200	10 ⁻⁴	26.384	a	-6.999
REC1	0.186	10 ⁻⁶	18.804	a	4.741
INOVNOV	0.872	10 ⁻⁶	0.298	f	0.134
DESGER2	-0.554	10 ⁻⁵	1.721	f	-2.081
PESSOAL1	6.026	10 ⁻⁵	20.597	a	18.303
SAL1	-0.342	10 ⁻⁵	15.328	a	-17.895
DESOP3	0.146	10 ⁻⁴	2.853	f	1.473
SALMED1	0.370	10 ⁻⁴	4.716	e	0.392
NATFIX	0.113	10 ⁻²	2.839	f	2.077
PRECOFIX	0.125	10 ⁻²	0.553	f	0.290
(CONSTANTE)	-2.118				

Níveis de significância (ALFA) #

- a - ALFA \leq 0.005
- b - 0.005 < ALFA \leq 0.01
- c - 0.01 < ALFA \leq 0.025
- d - 0.025 < ALFA \leq 0.05
- e - 0.05 < ALFA \leq 0.10
- f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.13. Resultados do Modelo Simplificado de Regressão Linear Múltipla para Empresas com Itinerário Fixo e EFIC \geq 50

Variaáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
DESOP3	0.439 10 ⁻⁴	36.516	f	6.716
NATFIX	0.166 10 ⁻²	272.304	d	5.014
INUNOV	0.879 10 ⁻⁶	2.805	f	0.156
PESSOAL1	-4.137	82.236	e	-15.768
REC1	0.120 10 ⁻⁶	52.239	e	3.922
SALMED1	0.212 10 ⁻⁴	6.502	f	-0.278
(CONSTANTE)	132.615			

Níveis de significância (ALFA):

- a - ALFA \leq 0.005
- b - 0.005 < ALFA \leq 0.01
- c - 0.01 < ALFA \leq 0.025
- d - 0.025 < ALFA \leq 0.05
- e - 0.05 < ALFA \leq 0.10
- f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.14. Resultados do Modelo Simplificado de Regressão Linear Múltipla para Empresas com Itinerário Fixo e EFIC \geq 100

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
REC1	0.797 10 ⁻⁶	29.701	a	2.698
COMB1	-0.203 10 ⁻⁴	9.388	a	-0.790
PESSOAL1	0.958	1.146	f	0.230
RECB	0.690 10 ⁻⁶	17.889	a	2.131
DESGER1	-0.119 10 ⁻⁵	21.070	a	-0.819
DESOP1	-0.908 10 ⁻⁶	22.721	a	-1.745
NAT18	-0.123 10 ⁻²	9.774	a	-0.885
DESOP3	-0.881 10 ⁻⁴	15.087	a	-0.615
VEIC1	-7.752	1.803	f	-0.450
INUNOV	0.277 10 ⁻⁵	0.844	f	0.188
SALMED3	0.105 10 ⁻³	1.012	f	0.086
VEICCAR	-0.964	1.340	f	-0.452
DESGER2	-0.316	0.467	f	-0.679
SALMED1	-0.490 10 ⁻⁴	0.289	f	-0.046
INVCOM2	-3018.886	0.129	f	-0.027
INVCOM1	4314.550	0.058	f	0.020
(CONSTANTE)	81.688			

Níveis de significância (ALFA):

- a - ALFA \leq 0.005
- b - 0.005 < ALFA \leq 0.01
- c - 0.01 < ALFA \leq 0.025
- d - 0.025 < ALFA \leq 0.05
- e - 0.05 < ALFA \leq 0.10
- f - ALFA $>$ 0.10

Figura VII.15. Resultados do Modelo Completo de Regressão Linear Múltipla para Empresas sem Itinerário Fixo e EFIC \geq 50

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
INUNOV	0.219 10 ⁻⁴	2.918	f	6.440
DESGER2	-0.475 10 ⁻⁴	1.872	f	-0.286
DESGER1	0.108 10 ⁻⁵	6.009	d	0.224
DESOP1	0.411 10 ⁻⁶	6.772	f	0.334
COMB1	0.672 10 ⁻⁴	9.266	c	
DESOP3	0.835 10 ⁻⁴	1.117	f	0.055
NAT18	-0.221 10 ⁻³	0.012	f	-0.053
SAL1	0.517 10 ⁻⁶	0.005	f	0.019
VEIC1	-16.213	12.448	a	-0.189
INVCOM2	1870.064	0.028	f	0.006
PESSOAL1	13.235	0.912	f	0.273
SALMED1	0.155 10 ⁻³	1.316	f	0.131
VEICCAR	1.829	1.684	f	0.112
REC1	-0.156 10 ⁻⁶	1.226	f	-0.228
SALMED3	-0.157 10 ⁻³	0.992	f	-0.107
RECB	0.227 10 ⁻³	0.868	f	0.348
PRECONFIG	-0.141 10 ⁻²	10.136	f	-0.012
INVCOM1	4337.968	0.068	f	0.010
(CONSTANTE)				

Níveis de significância (ALFA):

a - ALFA \leq 0.005

b - 0.005 < ALFA \leq 0.01

c - 0.01 < ALFA \leq 0.025

d - 0.025 < ALFA \leq 0.05

e - 0.05 < ALFA \leq 0.10

f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.16. Resultados do Modelo Completo de Regressão Linear Múltipla para Empresas sem Itinerário Fixo e EFIC \geq 100

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
REC1	0.361 10 ⁻⁶	77.014	a	1.289
COMB1	-0.341 10 ⁻⁴	63.710	a	-1.357
INUNOV	0.987 10 ⁻⁵	18.668	a	0.669
DESGER2	-0.235 10 ⁻⁶	0.002	f	-0.006
VEIC1	-12.801	11.269	a	-0.751
SAL1	0.950 10 ⁻⁶	1.108	f	0.369
DESO3	-0.224 10 ⁻⁴	1.216	f	-0.157
PESAOAL1	0.801	0.349	f	0.192
SALMED1	0.192 10 ⁻⁴	0.118	f	0.021
NAT18	0.303 10 ⁻⁴	0.036	f	0.024
(CONSTANTE)	192.959			

Níveis de significância (ALFA):

- a - ALFA \leq 0.005
- b - 0.005 < ALFA \leq 0.01
- c - 0.01 < ALFA \leq 0.025
- d - 0.025 < ALFA \leq 0.05
- e - 0.05 < ALFA \leq 0.10
- f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.17. Resultados do Modelo Simplificado de Regressão Linear Múltipla para Empresas sem Itinerário Fixo e EFIC \geq 50

Variáveis	Estimativas dos Coeficientes			
	Não Standard	F	Significância	Standard
INNOV	-0.296 10 ⁻⁴	70.983	a	-0.598
DESGER2	-0.356 10 ⁻⁴	11.377	a	-0.218
REC1	0.147 10 ⁻⁶	8.569	b	0.264
COMB1	-0.446 10 ⁻⁴	16.027	a	-0.357
DESOPI3	0.285 10 ⁻³	10.484	a	0.205
PESSOAL1	6.519	2.035	f	0.150
VEIC1	-6.902	1.740	f	-0.084
SAL1	0.272 10 ⁻⁵	0.447	f	0.112
PRECONFIG	-0.107 10 ⁻²	0.080	f	-0.012
SALMED1	0.107 10 ⁻⁴	0.048	f	0.048
NAT18	0.189 10 ⁻⁴	0.026	f	0.008
(CONSTANTE)	159.624			

Níveis de significância (ALFA):

a - ALFA \leq 0.005

b - 0.005 < ALFA \leq 0.01

c - 0.01 < ALFA \leq 0.025

d - 0.025 < ALFA \leq 0.05

e - 0.05 < ALFA \leq 0.10

f - ALFA \geq 0.10

Figura VII.18. Resultados do Modelo Simplificado de Regressão Linear Múltipla para Empresas sem Itinerário Fixo e EFIC \geq 100

Os resultados obtidos permitem a elaboração de conclusões quanto às principais variáveis intervenientes sobre a eficiência energética das empresas. Para tanto, consideraremos, nos resultados das Figuras VII.11 a VII-18, somente os coeficientes significativos a 5 % de significância. Assim, ainda que em alguns casos as amostras sejam pequenas, os resultados serão estatisticamente significativos e passíveis de interpretação. Os comentários deverão incluir tanto os modelos completos como simplificados, embora os primeiros sejam passíveis de multicolinearidade; entretanto, por essa mesma razão, as conclusões deverão se basear apenas nos segundos.

Em primeiro lugar destaca-se a presença, em quase todos os modelos, da variável receita, indicadora de porte, correlacionada positivamente à eficiência energética. As únicas exceções são constituídas por empresas com itinerário fixo e alta eficiência energética ($EFIC \geq 100$), onde no modelo completo a variável "carga transportada" aparece no lugar da receita, e pelas empresas sem itinerário fixo e alta eficiência energética, onde, no modelo completo, surgem as despesas gerais como única variável explicativa positiva e significativamente correlacionada à eficiência energética; entre empresas sem itinerário fixo e alta eficiência energética é ainda notável, no modelo simplificado, que as despesas com impressos utilizados no tráfego é a única variável, além da receita, a ter coeficiente positivo e significativo.

No primeiro caso, depreende-se que a carga transportada seja a variável indicativa de porte por excelência para empresas

com itinerário fixo, notando-se inclusive a alta correlação entre essa variável e a receita dessas empresas (0,9363). No segundo caso, nota-se também a alta correlação entre receita e despesas gerais (0,7217); a ausência de REC1 na equação final de regressão, e sua substituição por DESGER1 pode ser explicada pelo distúrbio de multicolinearidade subjacente ao modelo completo. O resultado surpreendente obtido no terceiro será considerado a seguir.

A presença das despesas com combustíveis em grande parte dos modelos, significativa e negativamente correlacionada à eficiência energética, deve ser interpretada como indicadora de diferenciais de "input" energético entre as empresas, sem que haja a correspondente diferença de "output"; por exemplo, empresas de mesmo nível de receita com diferentes graus de consumo energético provocarão uma correlação (parcial) negativa entre EFIC e COMB1, pois neste caso aumentando COMB1, "ceteris paribus", EFIC diminuirá. A explicação para esta diferença de eficiência energética deverá ser buscada nas outras variáveis dos modelos.

Assim como a variável receita, nos modelos completos aparecem outros indicadores de porte positivamente correlacionados à eficiência energética: é o caso do número de empregados, do número de veículos de carga e da receita em rotas sem itinerário fixo. Trata-se aqui de variáveis correlacionadas à receita e que não foram incluídas nos modelos simplificados.

Quanto às variáveis não indicadoras de porte há alguns

casos de interesse a considerar. Em primeiro lugar, nota-se a ausência da variável DESGER2 (despesas gerais com comunicação) em todas as equações, menos no modelo simplificado para empresas sem itinerário fixo e alta eficiência energética, onde ela aparece com coeficiente negativo. Tal fato está em desacordo com nossa hipótese inicial. As evidências apreendidas no estudo apontam portanto no sentido de que, entre a minoria de empresas de maior eficiência energética, as despesas com comunicações não estão significativamente e positivamente correlacionadas à eficiência energética.

Por outro lado, é de se notar a importância da variável DESOP3 (impressos utilizados no tráfego) significativa e positivamente correlacionada à eficiência energética, na mesma equação de regressão onde DESGER2 aparece negativamente correlacionada a esse indicador (empresas sem itinerário fixo de alta eficiência energética). Trata-se aqui de uma variável que mede a intensidade de processamento e comunicação da informação, especificamente na forma escrita; provavelmente esta não se deve dar através de meios de telecomunicação, mas por meios mais arcaicos e internos à empresa (comunicações internas via papel preenchido à máquina ou à mão). O resultado é importante na medida em que, neste caso, confirma-se a hipótese de que as diferenças de eficiência energética seriam explicáveis por diferenças, de mesmo sentido, na intensidade de comunicação da informação. Devido à não regularidade de suas rotas, era de se esperar a mais forte influência das comunicações sobre a eficiência energética nas empresas sem itinerário fixo, tal como se observou. Por outro lado, é de se esperar que o processo de telematização do trans-

porte rodoviário de cargas leve a uma redução de DESOP3, a par de um aumento, ainda que não proporcional, em DESGER2. O coeficiente estimado de DESOP3 na equação mencionada permite afirmar que, a cada Cr\$ 1000,00 de despesas em impressos no tráfego corresponde um aumento de cerca de 0.30 no fator receita/despesas com combustível. Em termos de desvios padrões, pode-se ainda afirmar que uma diferença de um desvio padrão nos gastos com impressos acarreta uma diferença de 0.205 desvios padrões na eficiência energética. Nesse sentido, o impacto dos gastos com impressos sobre a eficiência energética é, em termos de desvios padrões, equivalente ao impacto da receita (0.264).

Tanto a variável INUNOV como DESGER2 têm coeficiente negativo na equação para empresas sem itinerário fixo e $EFIC \geq 100$. Não é portanto corroborada, neste caso, a hipótese de que os investimentos em veículos e equipamentos novos contribuem positivamente para o aproveitamento do insumo energético. Entre tais empresas, são as despesas com impressos utilizados no tráfego a única variável significativa e positivamente correlacionada à eficiência energética, constituindo-se assim no único fator diferenciador positivo, quando se considera a elite de empresas sem itinerário fixo energeticamente mais eficientes.

Fato interessante, ainda entre empresas sem itinerário fixo, mas admitindo-se um patamar de eficiência menos repressivo ($EFIC \geq 50$), será justamente INUNOV a única variável explicativa, a par da receita, com coeficiente positivo e significativo. Neste caso as despesas com comunicação e impressos perdem em importância e poder explicativo e não são sequer incluídos na

equação de regressão. Entende-se aqui que o fator diferenciador principal, para um conjunto mais abrangente e heterogêneo de empresas, passe a ser a idade da frota e dos equipamentos. O fator comunicação seria portanto um elemento diferenciador mais refinado, que somente adquire importância no contexto da elite de empresas de alta eficiência. No caso das empresa sem itinerário fixo e $EFIC \geq 50$, conclui-se que a cada investimento de Cr\$ 1000000,00 em veículos e equipamentos novos corresponde um aumento de 10 no fator receita/despesas com combustível. Em termos de desvios-padrões, pode-se afirmar que uma diferença de um desvio padrão nos investimentos em veículos e equipamentos novos acarreta uma diferença de 0,67 desvios padrões na eficiência energética. Nesse sentido, o impacto dos gastos com impressos sobre a eficiência energética é, em termos de desvios padrões, equivalente à metade do impacto da receita.

VII.3. CONCLUSÕES

O estudo realizado oferece evidências a respeito das relações existentes entre eficiência energética e uso de comunicações no transporte rodoviário de cargas.

Em primeiro lugar, observa-se que as despesas com comunicações e com impressos utilizados no tráfego são ambas variáveis discriminantes da eficiência energética das empresas trans-

portadoras. Assim, pode-se afirmar que tais variáveis estão entre aquelas de maior poder discriminador para os grupos de empresas transportadoras de baixa, média e alta eficiência energética. Em outros termos, para uma classificação adequada eficiente de tais empresas segundo a eficiência energética, importa conhecer informações referentes à intensidade de uso de comunicações.

Já com a aplicação de Análise de Regressão foi possível observar que, a par das variáveis indicadoras de porte, destacam-se as variáveis despesas com comunicações e com impressos utilizados no tráfego, a variável investimentos em equipamentos e veículos novos e a variável salário médio, como as principais dimensões explicativas das variações em eficiência energética entre as empresas mais eficientes. As variáveis indicadoras de intensidade de uso de comunicações têm maior poder explicativo no caso de empresas transportadoras sem itinerário fixo de alta eficiência energética.

NOTAS

- (1) Cf. PRIGOGINE e STENGERS E41. Ver também o Capítulo II.
- (2) Cf. Seção IV.2 ("Origens").
- (3) Notando-se que a recíproca não é sempre verdadeira.
- (4) Ver Seção VI.2.

CAPÍTULO VIII

AVALIAÇÃO DO PAPEL DAS COMUNICAÇÕES A NÍVEL MICROECONÔMICO:
UM MODELO DE SIMULAÇÃO DE ESTOQUES
COM DEMANDA E "LEAD TIME" ALEATÓRIOS

VIII.1. INTRODUÇÃO

A par das evidências coletadas a nível macroeconômico, apresentadas nos capítulos anteriores, importa estudar também o impacto da adoção de meios rápidos e confiáveis de comunicação a nível da empresa. Assim, se a análise estatística de dados do setor de transportes e de seus subsectores permite avaliar a importância da telemática a ponto de permitir uma segmentação do setor sob essa ótica, tal como apresentado no capítulo VI, é de se supor que, a nível microeconômico, evidenciem-se atividades específicas, beneficiárias de fato ou em potencial do uso dessa tecnologia.

Como ilustração do argumento, elegeu-se estudar os efeitos das telecomunicações sobre a otimização do controle de estoques nas empresas, a ser feito mediante a simulação de um modelo com demanda e "lead time" estocásticos. A motivação para a escolha deste aspecto situa-se em dois níveis. Em um primeiro nível mais específico, reconhece-se que o adequado controle dos estoques é atividade indispensável em todo o setor produtivo; assim, a redução dos custos de estocagem, paralela à redução dos riscos de quebra de estoque, são metas prioritárias, ainda que conflitantes, nas mais diferentes empresas. Em um segundo nível de argumentação mais abrangente, reconhece-se que o uso de recursos telemáticos como instrumento de programação, gerência e controle da produção industrial a nível global tende atualmente a uma redução drástica tanto dos valores médios quanto da dispersão dos prazos de entrega e, conseqüentemente, dos níveis dos estoques industriais em todo o mundo (1). A telematização da produção industrial tem assim na redução de estoques e prazos de entrega o exemplo por excelência do processo de automatização da produção a nível mundial: as comunicações instantâneas são aqui o instrumento de uma racionalização "planetária" das atividades das grandes organizações denominadas "multinacionais" (2), con-
ducente à transformação do mundo da produção em um mega-sistema de transformação de matéria e energia, coordenado por um sistema integrado de processamento e comunicação da informação.

Tendo como referência essa concepção do papel das comunicações na atividade produtiva, apresenta-se neste capítulo um modelo bastante simplificado, ilustrativo do impacto das teleco-

municacões sobre os estoques e prazos de entrega ao nível da empresa.

VIII.1.1. Teorema Introdutório

Seja X uma variável aleatória com função densidade de probabilidade dada por

$$g_X(x), \text{ para } x \geq 0$$

$$0, \text{ para } x < 0$$

e com função de distribuição acumulada dada por

$$G_X(y) = \begin{cases} \sum_{x=0}^y g_X(x) & \text{(caso discreto)} \\ \int_0^y g_X(x) dx & \text{(caso contínuo)} \\ 0 & \end{cases}$$

$$\text{Sejam } f(x, y) = \begin{cases} h(y-x), & \text{se } y > x \quad (h > 0) \\ p(x-y), & \text{se } x \geq y \quad (p > 0) \end{cases}$$

então $F(y)$ é minimizado para $y = y^* = G_X^{-1}((p-c)/(p+h))$

Obs.: O resultado segue de:

$$\frac{d}{dy} \int_0^y f(x, y) dx = \int_0^y \frac{DERRONDI}{DERRONDI} \frac{f(x, y)}{g(y)} dx + f(h(y), y) \frac{d h(y)}{dy} - f(g(y), y) \frac{d g(y)}{dy} \quad (3)$$

VIII.1.2. Lote Econômico para Demanda Estocástica em um Período, sem Custos de "Set-Up" e sem Estoque Inicial

Sejam

c = custo por unidade adquirida

h = custo de estocagem por unidade estocada

p = custo de quebra de estoque por unidade de demanda insatisfeita

X = demanda no período

y = lote encomendado ao fornecedor

Nestas condições, o custo total incorrido é dado por

$$C(x,y) = cy + h \max(0, y-x) + p \max(0, x-y)$$

O lote ótimo, de acordo com o teorema introdutório, é

dado por

$$y^0 = G_x^{-1}((p-c)/(p+h)) \quad (\text{VIII.1})$$

$$\text{onde } G_x(y) = \begin{cases} \sum_{i=0}^y P(X=i) & (\text{caso discreto}) \\ \int_0^y g_x(x) dx & (\text{caso contínuo}) \end{cases}$$

Note-se que o valor de y^0 depende da forma da distribuição probabilística da demanda, tal como é ilustrado na Figura (VIII.1) a seguir

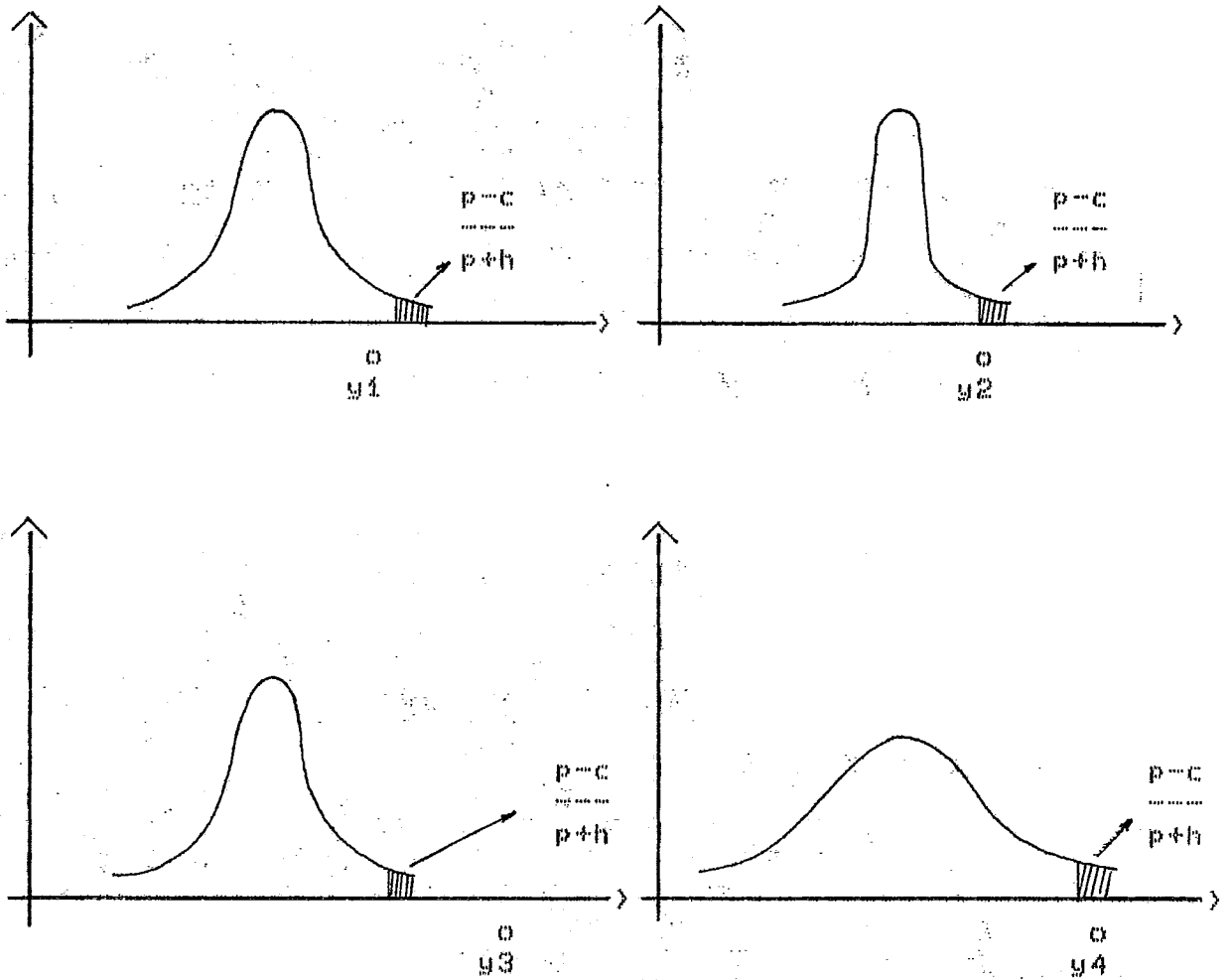


Figura VIII.1

Assim, em geral, para p , c e h constantes, tem-se:

$$E(X_2) > E(X_1) \text{ e } \text{VAR}(X_2) > \text{VAR}(X_1) \quad \xrightarrow{\quad} \quad y_2 > y_1 \quad (\text{VIII.2})$$

VIII.2. O PAPEL DOS TRANSPORTES E DAS COMUNICAÇÕES NA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE ESTOCAGEM

VIII.2.1. Introdução

O estudo da forma de distribuição da demanda em diferentes contextos tecnológicos e organizacionais irá implicar em diferentes níveis ótimos de estoque e, conseqüentemente, em diferentes custos de estocagem. Aqui uma questão chave é que um mesmo padrão de demanda por parte dos clientes poderá impactar dois diferentes ofertantes de forma distinta, isto é, estes dois ofertantes poderão observar duas distribuições sensivelmente distintas de demanda durante o "lead time" $\theta_1(x)$ e $\theta_2(x)$, em função do tempo T decorrido entre a solicitação e a entrega do lote. Assumindo-se que a distribuição probabilística da demanda por parte dos clientes seja independente do "lead time", então para "lead times" maiores, a demanda durante esse tempo será maior, conseqüentemente maior será o lote econômico. Neste aspecto reside o papel decisivo dos transportes e das comunicações sobre o nível dos estoques.

Com meios mais rápidos e confiáveis de transportes e comunicações, é de se esperar que T seja significativamente re-

duzido, reduzindo-se em consequência o nível médio e a variância da demanda durante T, e permitindo a minimização do nível ótimo dos estoques. Assim a maximização da velocidade dos meios de transporte e comunicações terá como contrapartida a minimização dos estoques em todos os setores da economia, restando ainda o problema de se comparar os ganhos advindos de reduções de estoques com os custos decorrentes de meios mais velozes de transporte e comunicação (ex: transporte rodoviário de carga x transporte aéreo de carga).

A seguir apresenta-se um modelo de estoques ilustrativo dos argumentos apresentados.

VIII.2.2. Dedução Analítica de Um Modelo de Estoques com Demanda e "Lead Time"

No caso de demanda aleatória, é recomendável (4) que o instante T de solicitação de um lote ("reorder point") seja definido de tal forma que o nível de estoques (R) nesse instante seja superior ao valor esperado da demanda ($E(x)$), pois se se convencionar simplesmente $R = E(x)$, então haverá quebra de estoques em cerca de 50% dos ciclos, no caso de X ter distribuição simétrica. Por isso, costuma-se introduzir um estoque adicional de segurança (S), dado por $S = R - E(X)$. Deve-se dimensionar S de tal forma que $P(X > R) = P(X - E(X) > S)$ seja tão pequeno quanto se queira (ver Figura (VIII.2)).

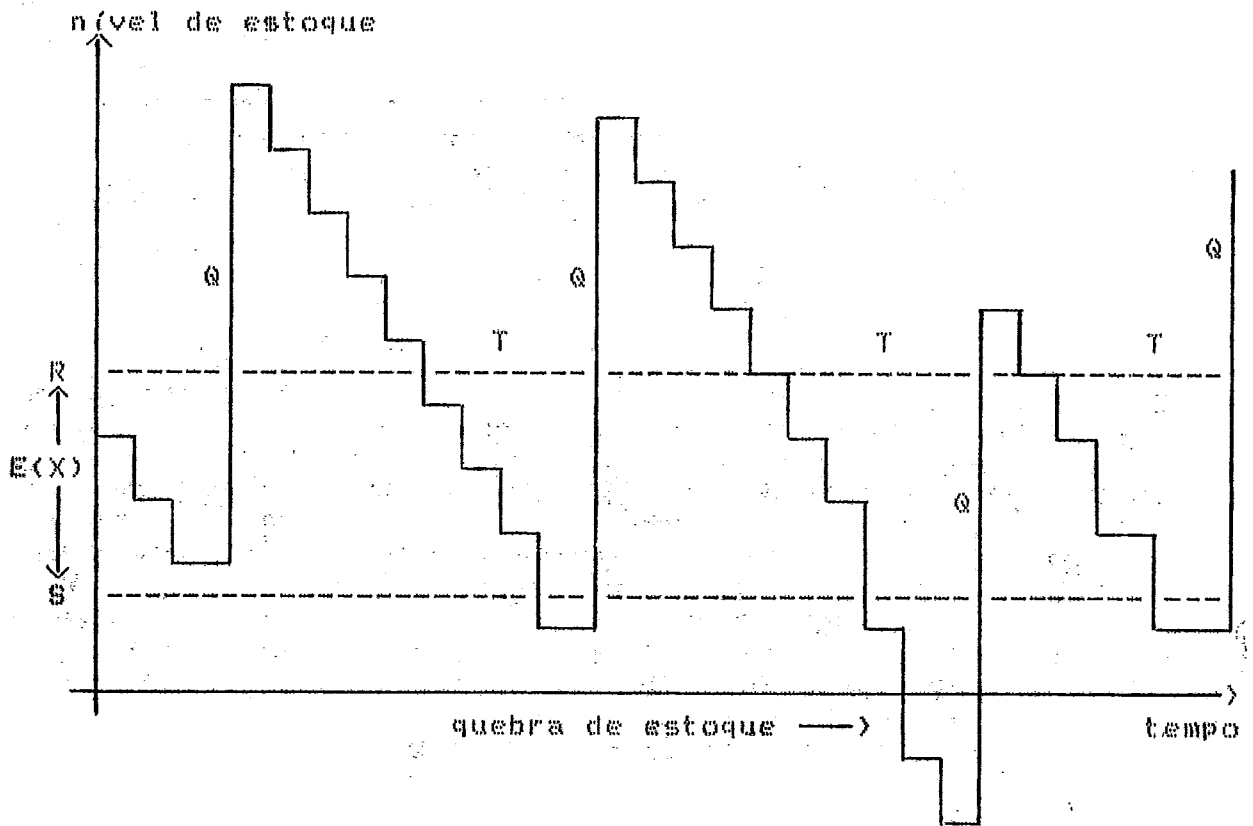


Figura VIII.2

Sejam :

T = Tempo entre solicitação e entrega do lote ("lead time")

X = Demanda durante o "lead time"

S = Estoque de segurança

Q = Lote encomendado

$R = S + E(X)$

p = P (fornecedor poder efetuar remessa de lote solicitado)

T_1 = Tempo de comunicação empresa \rightarrow fornecedor

T_2 = Tempo de comunicação fornecedor \rightarrow empresa

T_3 = Tempo entre envio e chegada da remessa (tempo de transporte)

N = Número de solicitações necessárias até que um fornecedor se disponha a efetuar a remessa

Os tempos T_1, T_2 e T_3 dependem dos meios de comunicação e transporte utilizados. Por outro lado, para meios de comunicação e transporte determinados, T_1, T_2 e T_3 podem ser considerados constantes ou variáveis aleatórias com suas respectivas distribuições. Alguns exemplos de ambas as alternativas encontram-se na Figura VIII.3 a seguir (5).

1) T1, T2 e T3 constantes.

MEIO DE COMUNICAÇÃO		MEIO DE TRANSPORTE(*)	T1	T2	T3
empresa-fornecedor	fornecedor-empresa				
correio	correio	TRC	2	2	3
telefone	telefone	TRC	0	0	3
telefone	telefone	TUC	0	0	1
correio	correio	TAqC	2	3	5
radio	radio	TAqC	0	0	5
telefone	telefone	TAC	0	0	0

2) T1, T2 e T3 variáveis aleatórias

MEIO DE COMUNICAÇÃO	MEIO(*)	T1 ou T2	T3
empr-forn	forn-empr	TRANSP.	
correio	correio	TRC	P(0)=0 P(2)=.8 P(3)=.09 P(4)=.09
telefone	telefone	TRC	idem ao caso anterior
telefone	telefone	TUC	idem ao caso anterior P(0)=.4 P(1)=.55 P(2)=.04 P(3)=.01
correio	correio	TAqC	idem ao primeiro caso P(2)=.1 P(3)=.15 P(4)=.2 P(5)=.4 P(6)=.1 P(7)=.04
rádio	rádio	TAqC	P(0)=.6 P(1)=.3 idem ao quarto caso
telefone	telefone	TAC	idem ao segundo caso P(0)=.8 P(1)=.15

(*) Abreviações conforme Seção VI.1.1.

Figura VIII.3

Os valores de T , T_1 , T_2 , T_3 e N estão relacionados, para o caso de T_1 , T_2 e T_3 variáveis aleatórias, através de

$$T = \sum_{j=1}^N T_{1j} + \sum_{j=1}^{N-1} T_{2j} + T_3$$

$$E(T) = \frac{E(T_1)}{p} + \frac{E(T_2) - pE(T_2)}{p} + E(T_3)$$

$$\begin{aligned} \text{VAR}(T) = & (\text{VAR}(T_1) / p) + ((1-p)/p)^2 [E(T_1)]^2 + \\ & + ((1-p)/p) \text{VAR}(T_2) + ((1-p)/p)^2 [E(T_2)]^2 + \text{VAR}(T_3) \end{aligned}$$

Já para o caso de T_1 , T_2 e T_3 constantes, essas relações se resumem a:

$$T = N T_1 + (N - 1) T_2 + T_3$$

$$E(T) = \frac{E(T_1)}{p} + \frac{E(T_2) - pE(T_2)}{p} + E(T_3)$$

$$\text{VAR}(T) = ((1-p)/p)^2 [E(T_1)^2 + E(T_2)^2] \quad (6)$$

A função massa de probabilidade da demanda X durante o "lead time" T é dada por:

$$g(x) = P(X=x) = \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} P(X=x/N=n) P(N=n)$$

Admitindo-se que X seja uma variável aleatória de Poisson com taxa $LAMBDA$ (itens demandados por unidade de tempo) e que T_1 , T_2 e T_3 sejam constantes, tem-se

$$g_X(x) = \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} \frac{(\exp(-\text{LAMBDA})) \text{LAMBDA}^x}{n!} (1-p)^{n-1} p$$

onde $\text{LAMBDA} = \text{LAMBDA} T = \text{LAMBDA} (n T_1 + (n-1) T_2 + T_3) =$
 $= n \text{LAMBDA} (T_1+T_2) + \text{LAMBDA} (T_3-T_2)$

Obs: 1ª) A função $g_X(x)$ é uma legítima função massa de probabilidade, pois

$$g_X(x) \geq 0, \text{ para todo } x$$

$$\sum_{x=-\text{INFIN}}^{\text{INFIN}} g_X(x) = 1$$

2ª) O caso em que T_1, T_2 , e T_3 são variáveis aleatórias é mais complexo. Embora $g_X(x)$ exista para esse caso também, sua formulação analítica dependerá das distribuições de T_1, T_2 e T_3 , assumindo a forma

$$g_X(x) = \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} \int_0^{\text{INFIN}} \int_0^{\text{INFIN}} \int_0^{\text{INFIN}} \frac{(\exp(-\text{LAMBDA})) \text{LAMBDA}^x}{n!} (1-p)^{n-1} p g_{t_1}(t_1) g_{t_2}(t_2) g_{t_3}(t_3) dt_1 dt_2 dt_3$$

onde $\text{LAMBDA} = \text{LAMBDA} (n t_1 + (n-1) t_2 + t_3)$

Neste caso, até mesmo a dedução analítica de $E(X)$ e $\text{VAR}(X)$ é complexa para os limites deste estudo, sendo aqui recomendável o uso de simulação.

VIII.2.3. Valor Esperado e Variância da Demanda:

O Impacto das Telecomunicações e dos Transportes

A complexidade da distribuição da demanda durante o "lead-time", mesmo no caso de T_1 , T_2 , T_3 constantes, torna recomendável o uso de simulação para a determinação de Q , R e S .

Entretanto, para o caso de T_1 , T_2 e T_3 constantes é ainda possível determinar o valor esperado e a variância da demanda e, a partir desses valores, avaliar a influência de uma redução em T_1 , T_2 e T_3 sobre a distribuição da demanda durante o "lead time".

$$\begin{aligned}
 E(X) &= \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} x g(x) = \\
 &= \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} \frac{x \exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^n}{x!} (1-p)^{n-1} p = \\
 &= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} \frac{x \exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^n}{x!} = \\
 &= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p \text{LAMBDA} = \\
 &= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p [n \text{LAMBDA}(T_1+T_2)+\text{LAMBDA}(T_3-T_2)] =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{LAMBDA} (T_1 + T_2) \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} n (1-p)^{n-1} p + \\
&+ \text{LAMBDA} (T_3 - T_2) \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p = \\
&= \text{LAMBDA} (T_1 + T_2) / p + \text{LAMBDA} (T_3 - T_2) = \\
&= \text{LAMBDA} T_1 / p + \text{LAMBDA} T_2 ((1-p)/p) + \text{LAMBDA} T_3
\end{aligned}$$

onde a penúltima transformação decorre do fato de que

$$E(N) = 1/p \quad \text{e} \quad \sum_{n=1}^{\text{infinito}} n (1-p)^{n-1} p = 1$$

Para o cálculo de VAR(X), temos:

$$\begin{aligned}
E(X^2) &= \frac{\text{LAMBDA}^2 (T_1 + T_2)^2}{p^2} + \text{LAMBDA}^2 (T_3 - T_2)^2 + \\
&+ \frac{2 \text{LAMBDA}^2 (T_1 + T_2) (T_3 - T_2)}{p} \quad \text{(VIII.3)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E(X^2) &= \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} x^2 g(x) = \\
&= \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} x \frac{\exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^n}{n!} (1-p)^{n-1} p = \\
&= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p \sum_{x=0}^{\text{INFIN}} x \frac{\exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^n}{n!} = \\
&= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p \left(\frac{\text{LAMBDA}^2}{n} + \frac{\text{LAMBDA}}{n} \right) = \\
&= \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p \left[n \text{LAMBDA}^2 (T_1 + T_2)^2 + \text{LAMBDA}^2 (T_3 - T_2)^2 + \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 2 n \text{ LAMBDA } (T_1+T_2) (T_3-T_2) + n \text{ LAMBDA } (T_1+T_2) + \\
& + \text{ LAMBDA } (T_3-T_2) = \\
& = \text{ LAMBDA }^2 (T_1+T_2)^2 \frac{2-p}{p} + \text{ LAMBDA }^2 (T_3-T_2)^2 + \\
& + \frac{2 \text{ LAMBDA }^2 (T_1+T_2) (T_3-T_2)}{p} + \frac{\text{ LAMBDA } (T_1+T_2)}{p} + \text{ LAMBDA } (T_3-T_2)
\end{aligned}
\tag{VIII.4}$$

Onde a antepenúltima transformação decorre de

$$E(Y) = \text{ LAMBDA } + \text{ LAMBDA}$$

(para Y variável aleatória de Poisson com taxa LAMBDA)

E a última transformação decorre de

$$E(N) = 1/p \quad E(N^2) = (2-p)/p^2 \quad \text{e} \quad \text{SOMAT}_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p = 1$$

De (VIII.3) e (VIII.4), tem-se:

$$\begin{aligned}
\text{VAR}(X) &= E(X^2) - [E(X)]^2 = \\
&= \text{ LAMBDA }^2 (T_1+T_2)^2 \frac{1-p}{p} + \frac{\text{ LAMBDA } (T_1+T_2)}{p} + \text{ LAMBDA } (T_3-T_2) = \\
&= \frac{1-p}{p} \text{ LAMBDA }^2 (T_1+T_2)^2 + \frac{\text{ LAMBDA } T_1}{p} + \text{ LAMBDA } T_2 \frac{1-p}{p} + \text{ LAMBDA } T_3 = \\
&= \frac{1-p}{p} \text{ LAMBDA }^2 (T_1+T_2)^2 + E(X)
\end{aligned}$$

As expressões obtidas para E(X) e VAR(X) permitem estabelecer comentários a respeito da influência de T1, T2 e T3 sobre a distribuição da demanda durante o "lead time".

Em primeiro lugar, nota-se que, no caso da disponibili-

dade de meios de comunicação instantânea, $T_1=T_2=0$ e a função massa de probabilidade da demanda é simplificada para :

$$g(x) = \sum_{n=1}^{\text{infinito}} \frac{\exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^x}{n!} (1-p)^{n-1} p$$

$$\text{onde } \text{LAMBDA} = \text{LAMBDA } T = \text{LAMBDA } T_3$$

$$g(x) = \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} \frac{\exp(-\text{LAMBDA } T_3) (\text{LAMBDA } T_3)^x}{n!} (1-p)^{n-1} p =$$

$$= \frac{\exp(-\text{LAMBDA } T_3) (\text{LAMBDA } T_3)^x}{x!} \sum_{n=1}^{\text{INFIN}} (1-p)^{n-1} p =$$

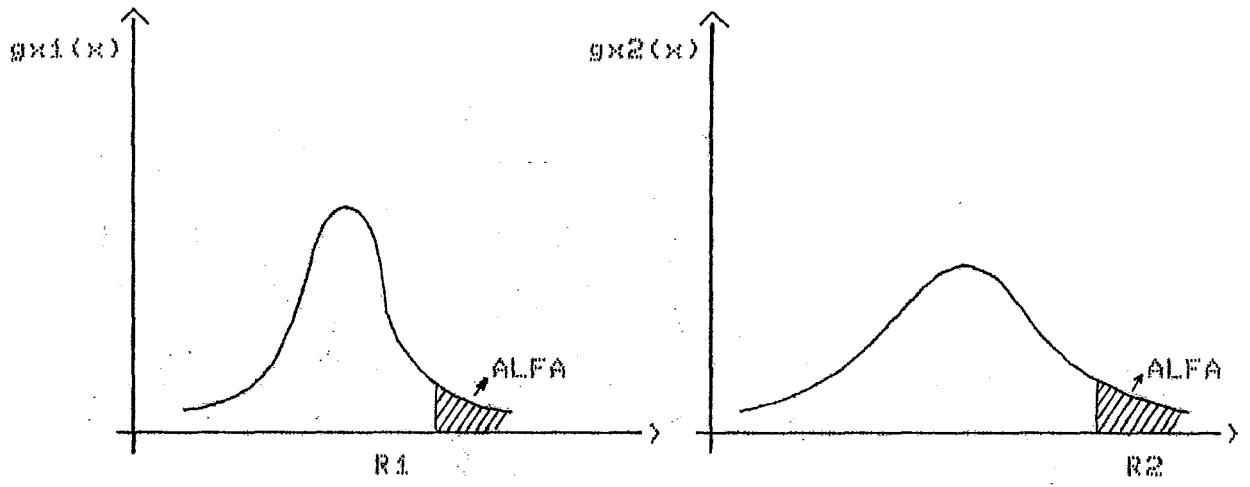
$$= \frac{\exp(-\text{LAMBDA } T_3) (\text{LAMBDA } T_3)^x}{x!}$$

E, neste caso, X tem distribuição de Poisson com parâmetro LAMBDA T3.

$$E(X) = \text{LAMBDA } T_3 \text{ unidades demandadas}$$

$$\text{VAR}(X) = \text{LAMBDA } T_3 \text{ (unidades demandadas)}^2$$

Comparando-se com o resultado mais geral anterior, evidenciase o papel dos meios de comunicação instantânea: com o uso de telecomunicações, reduz-se tanto o valor médio como a variância da demanda durante o "lead time" e conseqüentemente, reduz-se também o nível ótimo de estoque e o custo de armazenagem, em virtude das relações (VIII.1) e (VIII.2) e dos argumentos apresentados em referência à Figura (VIII.1). Para uma melhor apresentação desses argumentos, ver a Figura (VIII.4) a seguir.



(a) com meios instantâneos de comunicação

(b) sem meios instantâneos de comunicação

$$P(X_1 > R_1) = P(X_2 > R_2) = \text{ALFA} \quad \text{-----} \rightarrow R_1 < R_2$$

Figura VIII.4

O papel desempenhado tanto por T1, T2 e T3 como pelos parâmetros do modelo (p e LAMBDA) na determinação de E(X) merece aqui uma análise mais detalhada.

Tomando-se a expressão de E(X) para T1, T2 e T3 constantes, tem-se

$$E(X) = \frac{\text{LAMBDA } T_1}{P} + \text{LAMBDA } T_2 \frac{1-p}{P} + \text{LAMBDA } T_3$$

e tomando-se suas derivadas parciais, tem-se:

$$\frac{\text{DERRONDI } E(X)}{\text{DERRONDI } T_1} = \frac{\text{LAMBDA}}{P}$$

$$\frac{\text{DERRONDI } E(X)}{\text{DERRONDI } T_2} = \text{LAMBDA} \frac{1-p}{P}$$

$$\frac{\text{DERRONDI } E(X)}{\text{DERRONDI } T_3} = \text{LAMBDA}$$

Assim, pode-se afirmar que uma redução unitária no tempo de transporte irá causar na demanda média uma redução igual à taxa de demanda por unidade de tempo, o que é um resultado esperado. Mais interessante é o impacto de uma redução unitária no tempo de comunicação, que reduzirá a demanda média em $LAMBDA/p$ e $LAMBDA(1-p)/p$, segundo a redução ocorra no tempo de comunicação empresa-fornecedor ou fornecedor-empresa, respectivamente. Este impacto será tanto mais sensível quanto mais incerta for a capacidade de resposta da oferta às solicitações da demanda (isto é, quanto menor for p). Note-se ainda que o impacto causado por maior velocidade de comunicação é mais forte no caso da comunicação empresa-fornecedor (T_1) do que no caso da comunicação fornecedor-empresa (T_2). No caso de redução unitária em T_1 , a demanda média sofrerá uma redução superior à taxa de demanda por unidade de tempo; já no caso de redução unitária em T_2 , a demanda média somente sofrerá uma redução superior à taxa de demanda por unidade de tempo se $p < 0.5$.

Se a análise de sensibilidade da média da demanda já nos permite avaliar a importância de T_1 , T_2 e T_3 , no caso da análise de sensibilidade de sua variância esta avaliação é ainda mais interessante, pois nela são importantes, além dos parâmetros $LAMBDA$ e p , os valores assumidos por T_1 , T_2 e T_3 .

Tomando-se a expressão de $VAR(X)$ para T_1 , T_2 e T_3 constantes, tem-se

$$VAR(X) = \frac{1-p}{p} LAMBDA^2 (T_1+T_2)^2 + \frac{LAMBDA T_1}{p} +$$

$$+ \text{LAMBDA } T_2 \frac{1-p}{p} + \text{LAMBDA } T_3$$

Tomando-se as derivadas parciais

$$\frac{\text{DERRONDI VAR}(X)}{\text{DERRONDI } T_1} = 2 \frac{1-p}{p} \text{LAMBDA}^2 (T_1+T_2) + \frac{\text{LAMBDA}}{p}$$

$$\frac{\text{DERRONDI VAR}(X)}{\text{DERRONDI } T_2} = 2 \frac{1-p}{p} \text{LAMBDA}^2 (T_1+T_2) + \text{LAMBDA} \frac{1-p}{p}$$

$$\frac{\text{DERRONDI VAR}(X)}{\text{DERRONDI } T_3} = \text{LAMBDA}$$

Assim, a cada redução em T_1 ou T_2 corresponde uma redução na variância da demanda que é função de LAMBDA , p e de (T_1+T_2) ; quanto maior for (T_1+T_2) , mais sensível será $\text{VAR}(X)$ a reduções em T_1 ou T_2 . Este fato destaca o efeito estabilizador de meios de comunicação rápidos e confiáveis ($T_1, T_2 \rightarrow 0$) sobre a demanda ($\text{VAR}(X) \rightarrow \min \text{VAR}(X) = \text{LAMBDA } T_3$). A introdução de melhores meios de comunicação em uma organização onde as comunicações cliente-fornecedor-cliente são lentas ((T_1+T_2) grande) implicará em drástica redução da variância da demanda durante o "lead time". Os efeitos benéficos sobre a política de estoques da empresa são marcantes e decorrem das relações (VIII.1) e (VIII.2) e dos argumentos apresentados em conexão com a Figura (VIII.1); tais efeitos serão detalhados na próxima Seção VIII.2.4). Note-se ainda que tal efeito estabilizador é marcadamente mais forte no caso de meios de comunicação mais velozes do que no caso de meios de transporte mais velozes, devido ao termo (T_1+T_2) na expressão de $\text{VAR}(X)$. Assim, investimentos que reduzam o tempo de comunicação são mais eficazes (por

unidade de tempo poupada) para reduzir a variância da demanda do que investimentos em meios de transporte mais velozes. Por outro lado, note-se ainda que somente se $T_1 = T_2 = T_3 = 0$, tem-se $VAR(X)=0$, isto é, somente com o acesso a meios de comunicações e transporte instantâneos pode-se eliminar os efeitos da aleatoriedade inerente ao padrão de demanda dos clientes sobre a demanda durante o "lead time".

VIII.2.4. O Estoque de Segurança e os Meios de Telecomunicações e Transporte

A análise proposta pode ainda ser aplicada ao estudo das regras de decisão mais usuais no controle de estoques no contexto real das empresas. A regra mais frequentemente utilizada é a de estabelecer o nível de estoque de segurança (S) como proporcional à demanda média; tal é o procedimento quando se estabelece que S deve ser mantido igual à demanda média para um certo número de dias.

Neste caso, os valores de S com ou sem uso de meios de comunicação instantânea empresa - fornecedor - empresa podem ser comparados para o caso de T1, T2 e T3 constantes mediante as expressões

$$S = k \text{ LAMBDA } [(T1/p) + T2 ((1-p)/p) + T3]$$

$$\text{DERRONDI } S / \text{DERRONDI } T1 = k \text{ LAMBDA } / p$$

$$\text{DERRONDI } S / \text{DERRONDI } T2 = k \text{ LAMBDA } ((1-p)/p)$$

$$\text{DERRONDI } S / \text{DERRONDI } T3 = k \text{ LAMBDA}$$

Onde se evidencia o necessário aumento no estoque de segurança, para o caso de comunicações não instantâneas, bem como a importância relativa de T1, T2 e T3, k, p e LAMBDA na formação de S. Os comentários a respeito da importância desses parâmetros são análogos aos já apresentados a respeito da demanda média durante o "lead time".

A teoria de controle de estoques (7) recomenda, entre -

tanto, que o estoque de segurança deve variar proporcionalmente ao desvio padrão, e não à média da demanda:

$$P(X > R) = P(X - E(X) > S) = \text{ALFA} \implies S = R - E(X) = \\ = k \frac{\text{SIGMA}(X)}{\text{ALFA}}$$

onde SIGMA (X) é o desvio padrão de X.

k é função decrescente de ALFA

Assim, se $E(X)$ aumenta ou diminui, o estoque de segurança não deve variar na proporção direta, a não ser no caso particular de X ter distribuição exponencial ($E(X) = \text{SIGMA}(X)$). No caso mais geral de X ter distribuição de Poisson, há uma economia de escala envolvida, de forma que uma demanda maior pode ser atendida por um estoque de reserva menos que proporcional (pois neste caso $\text{SIGMA}(X) = E(X)^{1/2}$).

Neste caso, a prática comum de se manter um estoque igual à demanda esperada "nos próximos k dias" não somente é uma política ineficiente em termos de custos como contribui para a instabilidade do sistema de estoques, pois equivale à introdução de um "feedback" positivo nesse sistema. Essa política incrementa excessivamente o estoque para um dado aumento da demanda (ou diminui excessivamente o estoque para uma dada diminuição da demanda).

Feita esta ressalva, os valores de S com ou sem uso de meios de comunicação instantânea podem melhor ser comparados através das expressões a seguir, válidas para T1, T2 e T3 constantes.

$$S = k (\text{VAR}(X))^{1/2} =$$

$$= k E \left[\frac{1-p}{2} \text{LAMBDA}^2 (T_1+T_2) + \text{LAMBDA} \frac{T_1}{p} + \text{LAMBDA} T_2 \frac{1-p}{p} + \text{LAMBDA} T_3 \right] =$$

$$= k \left[\text{LAMBDA}^2 (T_1+T_2) \frac{1-p}{2} + \text{LAMBDA} \frac{T_1+T_2}{p} + \text{LAMBDA} (T_3-T_2) \right] \frac{1}{2}$$

Onde se evidencia o necessário aumento no estoque de segurança, para o caso de comunicações não instantâneas.

A discussão da importância dos parâmetros T_1, T_2, T_3 e p pode aqui ser feita através da análise das expressões das derivadas parciais; entretanto, tal análise é mais complexa do que no caso anterior ($S = k E(X)$). Proporemos entretanto a seguir uma simplificação plausível.

VIII.2.5. Um Caso Particular de Interesse

Nas relações entre as empresas e seus fornecedores, em geral o mesmo meio de comunicação é utilizado em ambos os sentidos, de tal forma que uma simplificação interessante e plausível é admitir $T_1 = T_2$. Neste caso, as expressões de $g_X(X)$, $E(X)$ e $VAR(X)$ são dadas por:

$$g_X(X) = P(X=x) = \text{SOMAT} \frac{\exp(-\text{LAMBDA}) \text{LAMBDA}^x}{n!} \frac{n^{n-1}}{(1-p)^{n-1} p}$$

$$\text{onde } \text{LAMBDA} = \frac{\text{LAMBDA} ((2n-1) T_1 + T_3)}{n}$$

$$E(X) = \text{LAMBDA} T_1 \left(\frac{2-p}{p} \right) + \text{LAMBDA} T_3$$

$$VAR(X) = 4 \frac{1-p}{2} \text{LAMBDA}^2 T_1^2 + \text{LAMBDA} T_1 \frac{2-p}{p} + \text{LAMBDA} T_3$$

O modelo pode se aproximar mais do contexto real caso se introduzam restrições de custos sobre os meios de transporte e comunicações. O problema de minimização do estoque de segurança (S) sujeita a tais restrições de custo pode ser modelado como um problema de programação não linear:

minimizar $V =$

$$= 4 \frac{1-p}{2} \text{ LAMBDA } T_1^2 + \text{LAMBDA } T_1 \frac{2-p}{p} + \text{LAMBDA } T_3$$

Sujeito a $C(T_1, T_3) \leq K$

$T_1 \geq 0, T_3 \geq 0, V \geq 0$

Onde $C(T_1, T_3)$ é o custo de implantação, manutenção e operação de sistemas de comunicações e transportes compatíveis com os tempos T_1 e T_3 , respectivamente e K é a restrição orçamentária total para aplicação em meios de comunicação e transportes.

Uma simplificação possível é supor custos de transporte e comunicação independentes entre si e proporcionais às respectivas velocidades:

$$C(T_1, T_3) = C_1(T_1) + C_3(T_3) = c_1/T_1 + c_3/T_3$$

Neste caso, o problema resume-se a

minimizar $V =$

$$= 4 \frac{1-p}{2} \text{ LAMBDA } T_1^2 + \text{LAMBDA } T_1 \frac{2-p}{p} + \text{LAMBDA } T_3$$

sujeito a $c_1/T_1 + c_3/T_3 = K$

$T_1 \geq 0, T_3 \geq 0, V \geq 0$

Aplicando-se o método do Lagrangeano, tem-se:

minimizar $V =$

$$= 4 \frac{1-p}{2} \text{LAMBDA } T1^2 + \text{LAMBDA } T1 \frac{2-p}{p} + \text{LAMBDA } T3 +$$

$$+ \text{ALFA} \left(\frac{c1}{T1} + \frac{c3}{T3} - k \right)$$

As derivadas parciais do lagrangeano fornecem o sistema de equações não lineares

$$\frac{\text{DERRONDI } V}{\text{DERRONDI } T1} = 0 \rightarrow 8 \frac{1-p}{2} \text{LAMBDA } T1 + \text{LAMBDA} \frac{2-p}{p} - \text{ALFA} \frac{c1}{T1^2} = 0$$

$$\frac{\text{DERRONDI } V}{\text{DERRONDI } T2} = 0 \rightarrow \text{LAMBDA} - \text{ALFA} \frac{c3}{T3^2} = 0$$

$$\frac{\text{DERRONDI } V}{\text{DERRONDI } T3} = 0 \rightarrow \frac{c1}{T1} + \frac{c3}{T3} = k$$

Cuja solução é dada por

$$c3 \frac{2}{T1} = 8 \frac{1-p}{2} \text{LAMBDA} \frac{c3}{c1} T1^3 (kT1 - c1)^2 +$$

$$+ \frac{2-p}{p} \frac{c3}{c1} T1^2 (kT1 - c1)^2$$

$$T3 = c3 \frac{T1}{kT1 - c1}$$

A não linearidade do modelo e sua forte dependência com relação à confiabilidade das estimativas dos parâmetros recomendada que, antes que buscar a solução ótima para o problema, é mais recomendável um estudo de reconhecimento da "performance" do sistema mediante técnicas de simulação.

VIII.2.3. Simulação de um Modelo de Estoques com Demanda Aleatória e "Lead Time"

A complexidade da distribuição da demanda durante o "lead time" não permite o cálculo analítico exato do "reorder point" R e do estoque de segurança S . Assim, é recomendável a simulação do modelo, de modo a se obter a distribuição empírica da demanda e , a partir desta, calcular o "reorder point" e estoque de segurança tendo em vista uma probabilidade pequena: ($P (= 0, 05)$) de quebra do estoque. A validade das distribuições empíricas obtidas deverá ser testada em face dos valores conhecidos de $E(X)$ e $VAR(X)$.

O modelo de simulação adotado é compatível com os pressupostos apresentados no item anterior, ou seja:

- cada fornecedor concorda em efetuar remessa com probabilidade p
- a demanda durante o "lead time" é uma variável aleatória de Poisson com taxa $LAMBDA$ (unidades demandadas/unidade de tempo)
- quanto aos pressupostos de que os tempos de comunicação empresa - fornecedor - empresa e o tempo de transporte for-

necedor - empresa sejam constantes, estes poderão ser relachados, admitindo-se tanto o caso de T_1 , T_2 , T_3 constantes como o de T_1 , T_2 , T_3 variáveis.

O modelo foi implementado para o caso de T_1 , T_2 e T_3 constantes segundo o fluxograma da Figura (VIII.5).

Para a simulação foram escolhidos valores típicos para os parâmetros do modelo, provenientes do conhecimento empírico adquirido junto a especialistas e empresas transportadoras, a saber:

LAMBDA = 10 unidades demandadas/dia

$p = 0.9$

$T_1 = T_2 = 2$, $T_3 = 3$ (meios lentos de transporte e comunicação)

$T_1 = T_2 = 2$, $T_3 = 1$ (meios de transporte rápidos e meios de comunicação lentos)

$T_1 = T_2 = 0$, $T_3 = 3$ (meios de transporte lentos e meios de comunicação rápidos)

$T_1 = T_2 = 0$, $T_3 = 1$ (meios rápidos de transporte e comunicação)

Os resultados obtidos mediante execução de programa em FORTRAN correspondente ao fluxograma da Figura (VIII.5) forneceram, para cada configuração dos parâmetros LAMBDA, p , T_1 , T_2 e T_3 , 10000 valores experimentais de X . As distribuições estatísticas desses valores, bem como suas médias e desvios padrões foram calculados mediante uso do "software" PECS (cf. BOMFIM et alii [58]) e estão apresentados nas Figuras (VIII.6) a (VIII.9) a seguir.

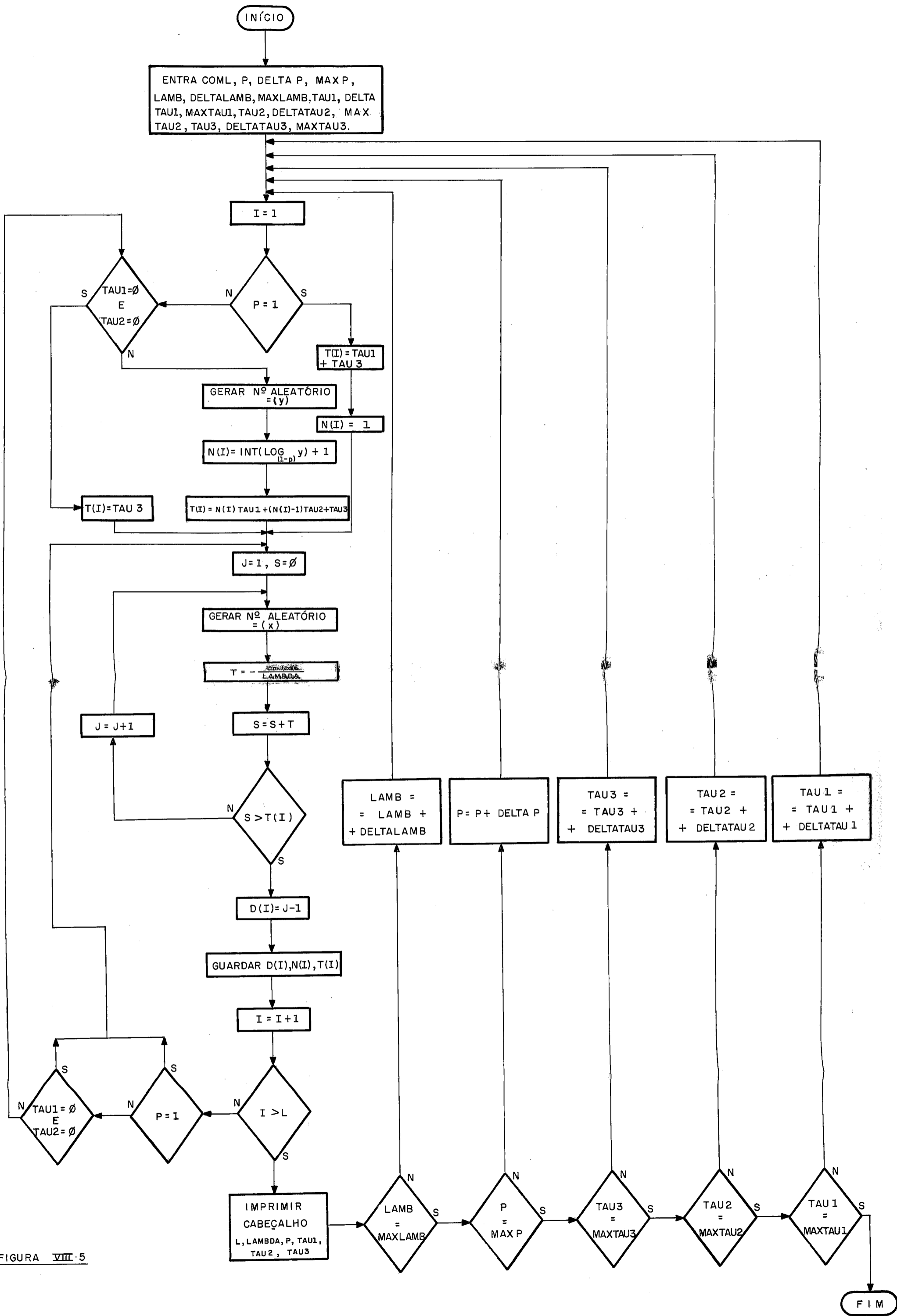


FIGURA VIII-5

Probabilidade de Quebra do Estoque (P)	"Reorder Point" (R)	Estoque de Segurança (S)
0.10	74	20
0.05	91	37
0.025	100	46
0.010	105	51
0.005	129	75

Figura VIII.6. Distribuição de Frequências da Demanda durante o "lead time" para Meios de Transporte e de Comunicação Lentos

($T_1 = T_2 = 2$, $T_3 = 3$, $LAMBDA = 10$, $p = 0.9$)

$E(X) = 54.4$ $\bar{X} = 54.7$
 $SIGMA(X) = 15.6$ $S(X) = 16.4$
 número de observações = 1000

Probabilidade de Quebra do Estoque (P)	"Reorder Point" (R)	Estoque de Segurança (S)
0.10	61	27
0.05	72	38
0.025	81	47
0.010	106	72
0.005	113	79

Figura VIII.7. Distribuição de Frequências da Demanda durante o "lead time" para Meio de Transporte Rápido e Meio de Comunicação Lento

($T_1 = T_2 = 2$, $T_3 = 1$, $LAMBDA = 10$, $p = 0.9$)

$E(X) = 34.4$ $\bar{X} = 35.1$
 $SIGMA(X) = 15.2$ $S(X) = 16.9$
 número de observações = 1000

Probabilidade de Quebra do Estoque (P)	"Reorder Point" (R)	Estoque de Segurança (S)
0.10	37	7
0.05	39	9
0.025	40	10
0.010	44	14
0.005	45	15

Figura VIII.8. Distribuição de Frequências da Demanda durante o "lead time" para Meio de Transporte Lento e Meio de Comunicação Rápido
($T_1 = T_2 = 0$, $T_3 = 3$, $LAMBDA = 10$, $p = 0.9$)

$E(X) = 30$ $\bar{X} = 30.0$
 $SIGMA(X) = 5.5$ $S(X) = 5.3$
 número de observações = 1000

Probabilidade de Quebra do Estoque (P)	"Reorder Point" (R)	Estoque de Segurança (S)
0.10	14	4
0.05	15	5
0.025	17	7
0.010	18	8
0.005	18	8

Figura VIII.9. Distribuição de Frequências da Demanda durante o "lead time" para Meios de Transporte e de Comunicação Rápidos
($T_1 = T_2 = 0$, $T_3 = 1$, $LAMBDA = 10$, $p = 0.9$)

$E(X) = 10$ $\bar{X} = 10.1$
 $SIGMA(X) = 3.2$ $S(X) = 3.2$
 número de observações = 1000

Os resultados obtidos permitem avaliar a importância da influência dos tempos de transporte e de comunicação sobre a distribuição da demanda (X) durante o "lead time", conforme sinteticamente representado na Figura (VIII.10) a seguir.

meios de transporte
e de comunicação
lentos

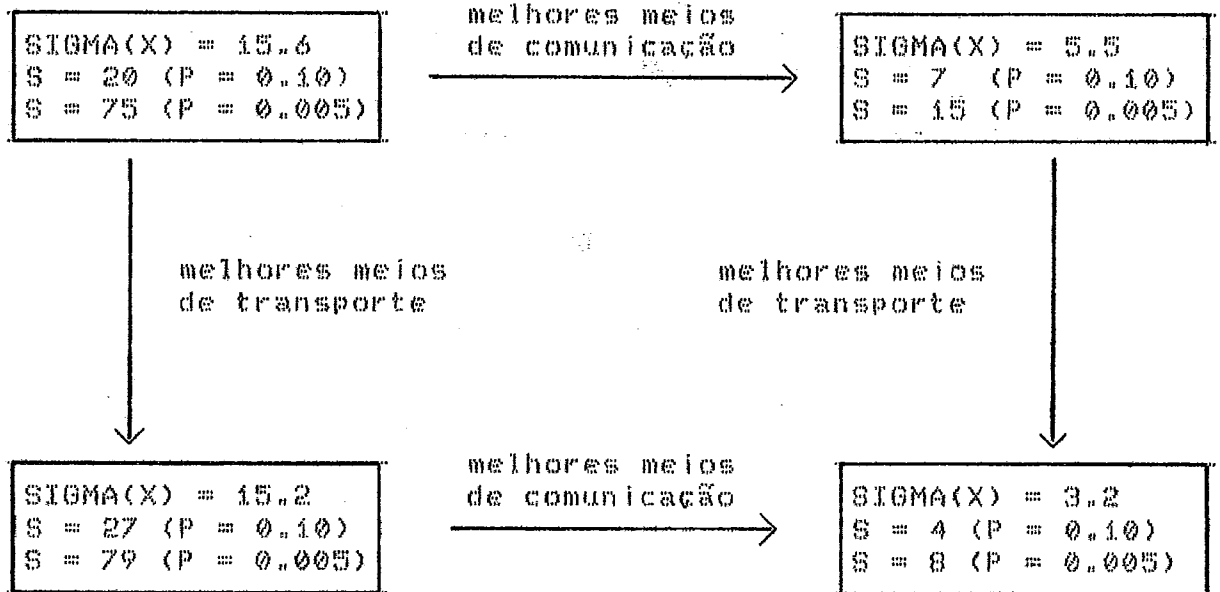


Figura VIII.10. Representação do Impacto das melhorias nos meios de transporte e comunicação sobre os estoques de segurança

Assim, nota-se inicialmente o papel decisivo de meios rápidos de comunicação na redução do valor do desvio padrão de X . Tal valor quase não se altera quando passamos de meios de transporte lentos para meios de transporte rápidos, "ceteris paribus"; entretanto esse valor reduz-se na proporção de 3 para 1 quando se passa de meios lentos para meios rápidos de comunicação.

Dada a estratégia de manter estoques de segurança proporcionais ao desvio padrão de X , pode-se antever o impacto benéfico de meios de comunicação rápidos sobre a redução dos estoques de segurança. Uma avaliação mais precisa desse impacto pode ser feita assumindo-se diferentes valores plausíveis para a probabilidade de quebra de estoques (P) e calculando-se os valores do "reorder point" (R) e do estoque de segurança (S) correspondentes. Os valores de R e S estão incluídos nas Figuras (VIII.6) a (VIII.10). Nota-se que a passagem de meios de transporte lentos para meios de transporte rápidos, "ceteris paribus", não contribui para a redução de S , enquanto a passagem de meios lentos para meios rápidos de comunicação reduz S de um fator de 3 para 1 para valores altos de P e de um fator de 4 para 1 para valores baixos de P . Em outras palavras, o uso de meios rápidos de comunicação mostra-se ainda mais vantajoso precisamente quando se pretende trabalhar com estoques de alta confiabilidade.

Corroborar-se assim o argumento de que os meios rápidos de comunicação contribuem para uma redução significativa dos estoques de segurança.

NOTAS

(1) As indústrias japonesa e americana oferecem exemplos concretos de sistemas de produção integrados ao ponto de compatibilizar a produção automatizada em série com a satisfação de especificações e preferências pessoais de cada cliente. O caso da General Motors é ilustrativo, facultando ao cliente a especificação do veículo, via terminais de computador, através da escolha em um menu disponível em "software" adequado. As especificações dos diversos clientes são inseridas como parâmetros diretamente na linha de produção, onde os veículos são fabricados em série, cada um em atendimento aos requisitos de seu futuro proprietário.

(2) Para um detalhamento a respeito do histórico das corporações ditas "multinacionais", ver HYMER [68].

(3) Cf. HILLIER e LIEBERMANN [69], p. 758.

(4) Vide WHITEHOUSE e WECHSLER [70], pp. 304 a 309 e BUFFA e TAUBERT [71], pp. 106 a 110.

(5) As distribuições de T1, T2 e T3 sugeridas na Figura (VIII.3) foram elaboradas a partir da opinião de especialistas e são típicas para os meios de telecomunicações e transportes mencionados.

(6) Para o procedimento de cálculo adotado nas Seções VIII.2.2 e VIII.2.3, ver ROSS [72], pp. 70-76.

(7) Cf. BUFFA e TAUBERT [71], pp. 103-106.

CAPÍTULO IX

O IMPACTO DA TELEMÁTICA SOBRE A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO HUMANO

IX.1. INTRODUÇÃO

No Capítulo VI foi analisado o processo que se poderia denominar de "telematização" do setor de transportes no Brasil, tema principal da pesquisa. Entretanto, a abrangência de tal processo não se restringe apenas ao setor de transportes, tendo repercussão em todo o contexto econômico e social. Por estas razões, deve-se abordar, ainda que na forma de prospecção de tendências e de proposições metodológicas, ao menos o aspecto mais evidente dos impactos da telemática: suas repercussões sobre o mundo do trabalho. Em face de contribuições recentes sobre a temática (1), mencionaremos aqui apenas aspectos metodológicos e conceituais, de aplicabilidade na pesquisa empírica.

IX.2. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

As recentes transformações por que têm passado as economias industrializadas bem como aquelas ditas em desenvolvimento são consideradas como parte de um processo de profunda reestruturação da atividade produtiva e da divisão internacional do trabalho, correspondente à transformação de uma economia baseada no uso intensivo de recursos - energéticos e materiais - não renováveis em direcção a uma economia de base técnica nova, a ser gerenciada através do uso intensivo da informação como instrumento de decisão, organização e controle (2).

No novo quadro que deverá emergir das manifestações de crise da economia mundial, os setores mais dinâmicos e estratégicos são aqueles que têm de forma mais nítida a geração, armazenagem, processamento e transporte da informação como centro propulsor, tais como a Eletrônica, a Informática, a Engenharia Genética, a Engenharia Nuclear, as Atividades Espaciais e a Indústria Bélica, os quais tendem a se desenvolver de forma geopoliticamente concentrada, fato indicativo de uma nova divisão internacional do trabalho. No entanto, as transformações rumo a uma economia informatizada não devem se limitar a tais setores. Os ramos mais tradicionais, tais como o da indústria siderúrgica, já evoluem no sentido de que suas principais empresas passem

a adotar formas de administração e controle fundamentados no uso intensivo de recursos computacionais, com a automatização crescente do processo produtivo e do trabalho administrativo. A automatização do trabalho já é significativa em outros setores da economia, tais como o comércio e os serviços, em particular os bancos, os seguros, o governo, os correios.

A progressiva automatização do trabalho tem suscitado preocupações em torno da questão do declínio no nível de emprego, tornando-se prioritária a realização de estudos prospectivos das transformações que deverá sofrer a força de trabalho em sua redistribuição inter e intra-setorial (3). Embora um estudo desta natureza não seja aqui um objetivo final, a importância e gravidade da questão e sua vinculação com os impactos da telemática sobre a economia fazem de sua abordagem elemento indispensável à própria delimitação e avaliação crítica dos resultados do presente trabalho.

IX.3 SEGMENTAÇÃO DA ECONOMIA E MÉTODOS DE ANÁLISE DA FORÇA DE TRABALHO

O debate relativo às tendências futuras das diferentes profissões tem em geral se fundamentado na concepção da Informática como elemento de organização e controle sobre a atividade produtiva, e tem aconselhado novas alternativas de treinamento

profissional que melhor adaptem o elemento humano às novas formas de gestão informatizada. A formação de recursos humanos para a supervisão do trabalho automatizado deverá abranger progressivamente a totalidade da vida escolar e já é realidade ao nível do ensino superior em sociedades mais sofisticadas (cf. NUNAMAKER JR. et alii [73]).

A abordagem mais imediatamente voltada para o treinamento de profissionais adaptáveis aos novos contextos organizacionais deve ser avaliada tendo em perspectiva um horizonte de médio e longo prazo, abrangendo-se modificações na divisão social do trabalho, com o surgimento de novas sínteses interdisciplinares que deverão estar na raiz do surgimento de novas profissões e do desaparecimento de profissões tradicionais. Nos setores mais afetados pelo impacto da informatização e da automação, deverão se reduzir as oportunidades de emprego para elementos não especializados ou semi-especializados (4). Uma contração do número de empregados com relação à totalidade da população adulta e uma redução da jornada de trabalho, em particular na etapa de transição para a sociedade informatizada, têm sido consideradas por economistas, cientistas sociais e autoridades governamentais em contextos mais avançados e não há razões para se excluir, a priori, estas possibilidades do horizonte de médio prazo no Brasil (5).

Tais questões estão inseridas na crise do próprio conceito de trabalho, hoje insuficiente para os estudos de previsão a respeito dos impactos sociais de novas tecnologias. Essa crise atinge a conceituação, os valores legitimadores e os proces-

ços sociais de reconhecimento do trabalho. Em seus fundamentos, a concepção moderna de trabalho, ao menos nas sociedades ocidentais, está enraizada na tradição judaico-cristã e na formulação da ética protestante, das quais se originam os elementos legitimadores da busca de produtividade e do progresso material, bem como da punição aos que não trabalham. O trabalho é considerado fator de salvação da alma e o Homem, como destinado a dominar e transformar a Natureza, ser seu mestre e senhor. Tal concepção não admite espaço na vida humana em sociedade (e, em realidade, nem sequer após a vida) para os que não trabalham, e, por extensão, para os que não têm emprego; desconsidera qualquer valor em suas atividades e leva à sua marginalização. Aqui é de se notar a não diferenciação entre emprego e trabalho, dois conceitos praticamente unificados com a Revolução Industrial, mas que hoje na prática cotidiana mais e mais se distanciam. A ética judaico-cristã do trabalho faz do desemprego associado à automatização das atividades produtivas algo intolerável, que deve portanto ser combatido, controlado e ocultado.

A nível das manifestações concretas da referida crise, alguns fenômenos típicos das sociedades industrializadas e das que lhes seguem o modelo de desenvolvimento evidenciam as contradições envolvidas e apontam para a necessidade de reformulação de conceitos:

- a tendência crescente à realização do trabalho sem emprego (atividades do desempregado que lhe garantem a sobrevivência individual e familiar) e a tendência igualmente crescente ao emprego sem realização de trabalho (manutenção da segurança

do emprego apesar de não haver necessidade objetiva de execução de tarefas, substituição do trabalho humano pela automação com manutenção do vínculo empregatício). Estes dois fenômenos são particularmente importantes pois apontam para uma dissociação cada vez maior dos conceitos de emprego e trabalho, considerados indissociáveis fundamentos da sociedade industrial;

- um maior volume de investimentos aplicados a atividades produtivas pode, através de intensificação do processo de automatização dessas atividades, causar maior desemprego; a correlação entre investimento e emprego pode ser negativa;

- a manutenção da garantia de emprego, quando e onde não há mais tarefas a serem realizadas por seres humanos, bem como o pagamento de pensão aos desempregados contribui para preservar a demanda pelos produtos industriais; entretanto, quanto melhor for o desempenho (ou até mesmo a recuperação) da indústria, mais provável será a adoção de processos automáticos e o conseqüente desemprego; a correlação entre a manutenção do emprego e o auxílio ao desemprego por um lado, e o número previsível de desempregados por outro, pode ser positiva;

- os investimentos em ensino e treinamento geram elementos altamente especializados, que são mais suscetíveis aos riscos de não encontrar emprego em um contexto em que as ocupações se modificam muito rapidamente, em função da revolução tecnológica em andamento; o ensino profissionalizante especializado não gera o profissional mais adaptativo, como seria desejável.

Os setores primários (agricultura, silvicultura, extração mineral e vegetal), secundário (indústria) e terciário (comércio e serviços), têm constituído a forma tradicional de segmentação das economias nacionais. No entanto, com a rápida expansão do setor terciário a partir da Segunda Guerra Mundial, intensificada recentemente com o avanço da automação, esse setor passou a abranger mais da metade da força de trabalho nos países ditos desenvolvidos. Em particular, a categoria "serviços" tornou-se excessivamente abrangente e descaracterizou-se, incluindo desde o trabalho de coleta de lixo até o de uma empresa de "software". Por esta e outras razões, a divisão tradicional da economia em três setores tornou-se obsoleta.

Um requisito básico para um novo método de segmentação da economia é o de que através dele se possam discriminar as atividades mais suscetíveis de serem automatizadas daquelas que não o são. Com a divisão tradicional essa discriminação não se faz suficientemente clara. É portanto necessária a caracterização de pelo menos um quarto setor, que reúna as ocupações dedicadas à geração, processamento, armazenagem, transporte e disseminação de informação, nas quais os objetos processados tem essencialmente valor como símbolos e representações. Esse quarto setor seria formado de partes dos antigos setores primário, secundário e terciário e passaria a ser discriminado dos demais como o setor "intensivo em informação". Os três setores tradicionais abrangeriam as ocupações voltadas para a geração, processamento, armazenagem, transporte e distribuição de matéria e energia.

A segmentação da economia em quatro setores assim proposta é ainda incompleta, pois exclui as atividades de produção de bens e serviços realizadas à margem do chamado mercado de trabalho: o trabalho doméstico feminino, o trabalho não remunerado (voluntário ou sob coerção) e as diversas ocupações que asseguram rendimentos aos desempregados (artesanato, comércio clandestino, pequenos serviços). O contingente engajado nessas atividades e a riqueza aí gerada na forma de bens e serviços justifica a proposição de um quinto setor, por alguns denominado mercado de trabalho "informal" (6). O setor quinqüário tende a se expandir, tanto em número de pessoas como em riqueza gerada, à medida que os demais setores vêem diminuídas suas necessidades de mão-de-obra com o avanço da automação.

IX.4 UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DA FORÇA DE TRABALHO

Tendo em vista tais considerações, propomos a seguir, com base em JONES [19], uma classificação que julgamos mais adequada para estudos prospectivos da composição da força de trabalho:

Setor primário (extrativo), incluindo a captação direta de matéria orgânica ou inorgânica no sub-solo, na superfície e na biosfera terrestre. É possível que futuramente este setor venha a incluir a extração em escala crescente de matéria orgâ-

nica e inorgânica no espaço exterior à biosfera terrestre.

Setor secundário (indústria e construção), incluindo todos os ramos da indústria de transformação convencional (com exceção da indústria gráfica) e a construção de bens não transportáveis (edifícios, rodovias, portos, etc.).

Setor terciário (serviços econômicos tangíveis) baseado na geração, processamento, armazenagem, transporte e distribuição de matéria e energia, incluindo o transporte de pessoas, transporte e armazenagem de animais, vegetais e matéria inanimada, comércio e manutenção das condições ambientais (temperatura, iluminação, higiene, alimentação, suprimento de água e energia, recolhimento de lixo, esportes, recreação, serviços de médicos e dentistas, segurança nacional). Exclui os serviços domésticos ou não remunerados.

Setor quaternário (baseado em informação): envolve prioritariamente a geração, processamento, armazenagem, transporte e difusão de símbolos e objetos simbólicos representativos de idéias, eventos e seres concretos ou abstratos. Inclui ensino, pesquisa, trabalho de escritório, bancos, seguros, previdência, correios e telecomunicações, meios de comunicação de massa, indústria gráfica, editoras, administração em geral, artes, processamentos de dados, "software", justiça, psiquiatria, psicologia, propaganda, serviços religiosos, atividades políticas e sindicais. Nos primórdios da assim chamada Revolução da Informática, até o início dos anos 70, este setor constituiu-se em importante gerador de emprego. Entretanto, as aplicações da In-

formática às diversas atividades do setor, ao possibilitar que cada servidor monitore um serviço de atendimento automatizado que abrange um número crescente de clientes, tendem a reduzir progressivamente o emprego nas atividades que não dependem do contato pessoa a pessoa, entre servidor e cliente, como é o caso da grande maioria das atividades relacionadas (possíveis exceções seriam as artes, a psiquiatria, a psicologia).

Setor quinqüário (trabalho sem emprego): envolve as atividades de produção, comercialização e distribuição de bens e serviços, realizadas à margem do assim chamado mercado de trabalho. Inclui as diversas formas de trabalho doméstico (alimentação, limpeza, educação dos filhos, manutenção e reparos), artesanato, comércio clandestino, pequenos serviços urbanos (manutenção, reparo, limpeza), atendimento e cuidados voluntários com idosos, crianças e pessoas doentes, construção coletiva "não formal" de habitações (através dos chamados "mutirões"), confecção doméstica, "hobbies" como criação de animais e cultivo de plantas. A importância social e econômica deste setor, embora tenha sido frequentemente desconsiderada em estudos da força de trabalho e na política trabalhista governamental, é notável através de diversas evidências. Mais da metade do tempo de vida de cada pessoa é dispendido neste setor; uma parcela considerável do trabalho social é aí realizado, bem como parte significativa dos bens e serviços é aí produzida ou consumida; talvez o mais importante, as pessoas são aí produzidas (formadas) e aí adquirem características de caráter, personalidade e cultura que irão determinar o tipo de vida em sociedade que terão quando adultas. Os estudos prospectivos da sociedade informatizada do

futuro deverão portanto priorizar a análise detalhada deste setor tanto com o levantamento de indicadores econômicos como com a pesquisa sociológica, antropológica e comportamental. Medidas de política econômica e social que objetivem a construção de uma sociedade mais cooperativa, pacífica e estável deverão priorizar o setor quaternário da economia.

Para aplicações a estudos e projeções da força de trabalho, a classificação proposta deverá ser adaptada a realidades sócio-econômicas específicas e detalhada a nível intra-setorial, podendo então fornecer mais subsídios a menor custo do que classificações tradicionais e permitindo um reconhecimento dos tipos de emprego em expansão ou em contração, bem como daqueles mais afetados pelo impacto da automação.

Estudos prospectivos da força de trabalho com a aplicação de metodologias não convencionais de setorização da economia são ainda pouco frequentes. A natureza e a distribuição da força de trabalho em sociedades informatizadas são ainda pouco conhecidas, dadas as características de instabilidade e transitoriedade dos estados verificáveis.

IX.5. ATIVIDADES NAS QUAIS AS TELECOMUNICAÇÕES PODEM SER APLICADAS COMO SUBSTITUTO AOS TRANSPORTES

IX.5.1 Introdução

Tendo em vista o impacto da automação sobre o nível de emprego e sobre as diferentes formas de trabalho, socialmente reconhecidas ou não, passa-se a indicar as ocupações e atividades específicas, existentes na atual estrutura produtiva, onde há maior potencial de substituição dos transportes pelas telecomunicações. À par do benefício efetivo para as condições de trabalho e da expansão do tempo dedicado ao lazer, bem como da racionalização das tarefas e incremento da produtividade, decorrentes da referida substituição, cabe questionar se a substituição dos transportes por telecomunicações, em especial do transporte de ida e volta ao trabalho, não terá em certos casos como contrapartida a substituição da tarefa humana por tarefas automatizadas sem ampla possibilidade de realocação correspondente da mão de obra.

Buscamos neste capítulo descrever as situações concretas onde determinados tipos de viagens podem ser substituídos pelo uso de meios de comunicação. Existem vários exemplos de

como isso pode ocorrer ou já vem ocorrendo em alguns países. Assim, nos Estados Unidos já existe atualmente um número significativo de pessoas que realizam grande parte de suas atividades profissionais em casa, com uso de microcomputadores e de redes de telecomunicações, através dos quais estão em permanente contacto (embora à distância) com seus escritórios, seus chefes, seus colegas de trabalho. Nesse caso, a pessoa pode, por exemplo, trabalhar quatro dias por semana em casa e um dia por semana no escritório. O que isso implica em termos de redução no uso dos transportes e no nível de emprego? Estas são indagações pertinentes a este Capítulo.

As idéias contidas neste Capítulo deverão ser aprimoradas, para que se possa efetivamente projetar e implementar a base de dados que se deseja e sobre ela aplicar as técnicas aqui sugeridas de medição e avaliação do "trade-off" entre as atividades de transportes e de telecomunicações. Tal base de dados poderá ser constituída a partir de duas fontes fundamentais: bases de dados já existentes e coleta de dados através de pesquisas de campo.

IX.5.2. Relação de Atividades para cuja Realização é Possível Utilizar Telecomunicações como Substituto aos Transportes

IX.5.2.1. Delimitação do Escopo do Estudo

O uso mais intensivo de telecomunicações e informática, que é uma tendência evidente em nossos dias, pode propiciar a redução do uso de energia por parte do setor de transportes de diversas maneiras, algumas das quais superam os limites de nosso estudo, tais como, por exemplo, a otimização do fluxo de tráfego. Aqui, a rede de telecomunicações e informática atua como instrumento de monitoramento e controle sobre a rede de transportes, racionalizando suas operações e direcionando-as continuamente para estados de equilíbrio ótimo. Neste caso, obtém-se uma redução do consumo de combustível dos veículos e também uma redução no consumo de energia que seria necessária para construção de novas estradas, viadutos, avenidas, etc.

Não trataremos de tais casos, onde o "trade-off" entre telecomunicações e transportes é por assim dizer indireto, isto é, não se dá por substituição direta do segundo pelo primeiro fator.

As possibilidades de substituição de transportes por

telecomunicações aqui apontadas são válidas, em maior ou menor grau, para os seguintes modos de transporte

- transporte urbano de passageiros ou carga
- transporte rodoviário de passageiros ou carga
- transporte ferroviário de passageiros ou carga
- transporte aquaviário de passageiros ou carga
- transporte aéreo de passageiros ou carga

Entretanto, a maior parte das possibilidades que iremos mencionar neste capítulo são mais evidentes nos casos de transporte urbano de passageiros e transporte urbano de cargas, abrangendo em alguns casos o transporte aéreo de passageiros ou carga.

São relacionados os casos em que a substituição de transportes por telecomunicações é mais viável e evidente a curto prazo; não são consideradas as possibilidades associadas a uma completa informatização da sociedade, quando possivelmente toda a estrutura produtiva e a sociedade em geral estarão radicalmente transformadas.

Normalmente, a substituição dos transportes por telecomunicações, tanto para as atividades de trabalho como para as de consumo, lazer, etc., implicam na dissolução da necessidade da presença física do produtor (ou servidor) e/ou do consumidor (ou cliente) no local de produção, venda de mercadorias ou prestação de serviços, a qual vem associada a uma reorganização do trabalho, aumento da produtividade e queda no emprego, ao menos no

emprego tal como o concebemos atualmente nas sociedades industriais. Essa queda no emprego poderá futuramente se desdobrar em novas formas de trabalho até hoje inexistentes ou apenas incipientes.

Neste estudo, procuramos nos restringir ao uso de telecomunicações como substituto dos transportes, embora esteja implícita nas diversas aplicações propostas a necessária reorganização do trabalho social. Todavia, não deixaremos de indicar, em cada caso, os riscos decorrentes de redução do nível de emprego e outros possíveis impactos sociais, quando os julgarmos significativos.

IX.5.2.2. Transporte de Passageiros para Ida e Volta ao Trabalho

O transporte de passageiros para ida e volta ao trabalho pode ser substituído por telecomunicações no caso das atividades de prestação de serviços "intangíveis", ou seja, de serviços que se constituem em geração, processamento, armazenagem, transporte, difusão e destruição de símbolos ou objetos simbólicos, tais como palavras, sons, imagens, números, dinheiro, cheques, cartas, discursos, contas, "tickets", fotografias, anúncios, jornais, revistas, livros, etc.. Os instrumentos de trabalho tipicamente usados são vozes, papel, caneta, telefone, máquinas de escrever, computadores, processadores de palavras, editores de textos, "xerox", máquinas de calcular, microfones,

câmeras, gravadores, vídeo-cassetes (7).

Existem diversas profissões ou "ocupações", nas quais tipicamente o transporte de ida e volta ao trabalho pode ser substituído por telecomunicações (8).

A intensificação do uso de telecomunicações e informática em tais atividades profissionais deverá, por outro lado, constituir fator de redução do nível de emprego, pois diversas das atividades anteriormente executadas pela pessoa passam a ser automatizadas, em um processo conhecido como "automação de escritórios". Sendo assim, as telecomunicações e a informática não apenas substituem parcialmente o transporte da mão-de-obra, mas também parte da própria mão-de-obra.

Um caso particular de viagem de "ida e volta ao trabalho" que pode ser substituída por telecomunicações é a viagem para participar em congressos, seminários, reuniões, etc. Uma parcela de tais viagens pode ser substituída por telecomunicações, através da realização de teleconferências. Entretanto, a comunidade científica é unânime em afirmar que a teleconferência jamais poderá ser considerada um substitutivo perfeito para o contacto direto entre os congressistas, pois somente este permite o clima propício para o estabelecimento de relações pessoais de cordialidade, confiança e liderança. Uma medida do número de viagens que podem ser substituídas por teleconferências poderia se basear no número de congressos, conferências e seminários realizados.

IX.5.2.3. Transporte de Passageiros para Consumo de Mercadorias

O transporte de passageiros para consumo de mercadorias pode ser substituído por telecomunicações nos casos em que a compra da mercadoria depende apenas de preço, marca, exposição audio-visual (exemplo: eletrodomésticos, equipamentos eletrônicos). Em geral, a padronização do produto e a oferta de garantia e assistência técnica é desejável para que o consumidor se disponha a efetuar a "compra à distância".

Em contraposição, nos casos em que a compra da mercadoria depende de inspeção no local (exemplo: roupas, alimentos) a "compra à distância" é menos viável.

A substituição de compra no local por "compra à distância" já ocorre em diversos ramos do comércio desde o advento do telefone (por exemplo: nas farmácias e padarias), mas a adoção da inspeção audio-visual à distância é recente e tende a ser mais rápida nos estabelecimentos de grande porte, mais organizados e automatizados (supermercados, shopping centers, grandes lojas). Mas provavelmente o uso combinado de telefone, inspeção visual à distância, transmissão de dados e cobrança automática na rede bancária é que irá configurar o futuro sistema de apoio à compra à distância. A área de abrangência da esfera de atuação dos grandes ofertantes de mercadorias (supermercados, shop-

ping centers, grandes lojas) tenderá a se ampliar com esses recursos, pois estes propiciarão o contato interativo e rápido entre os grandes ofertantes e os consumidores, o que nas sociedades não informatizadas é mais propriamente típico do pequeno comércio. O processo descrito poderá assim significar um forte golpe sobre "as vantagens comparativas" do pequeno comércio (contacto direto e relações pessoais entre ofertantes e consumidores, dificuldade de transporte e comunicação para que os consumidores tivessem acesso a fornecedores alternativos, etc.).

Em resumo, diremos que o processo descrito implica em:

- substituição do transporte (do consumidor até o ofertante) por telecomunicações
- redução do percurso necessário para que o ofertante atenda à demanda (racionalização da trajetória dos veículos de entrega de mercadorias: vide item IX.5.2.5)
- provável expansão da malha geográfica de distribuição dos estabelecimentos ofertantes e possível intensificação da concorrência entre eles por novos mercados
- declínio do pequeno comércio

IX.5.2.4: Transporte de Passageiros para Consumo de Serviços

O transporte de passageiros para consumo de serviços pode ser substituído por telecomunicações no caso dos serviços

"intangíveis" (ver Seção IX.5.2.2).

Existem diversas ocupações em que a pessoa exerce serviços intangíveis, para os quais é possível substituir o transporte do cliente ao servidor por telecomunicações (9).

De forma análoga ao que foi mencionado na Seção IX.5.2.3, a substituição de transportes por telecomunicações neste caso também pode favorecer a ampliação da esfera de atuação dos grandes prestadores de serviços (grandes escritórios de advocacia, grandes escolas, grandes bibliotecas, grandes corretoras), em detrimento dos pequenos ofertantes.

IX.5.2.5. Transporte de Carga

O transporte de carga pode ser substituído por telecomunicações nos casos em que a carga se constitui de objetos simbólicos (Cf. Seção IX.5.2.2); em outras palavras, nos casos em que a recepção da carga pode ser substituída, sem prejuízo da satisfação de quem a recebe, por sons e imagens. Um exemplo típico é o correio eletrônico.

A otimização do roteamento dos veículos de carga, em particular dos supermercados e grandes lojas, através do maior uso de telecomunicações entre estes e os veículos, poderá ser fator de redução da quilometragem de transporte necessária para efetuar as entregas das mercadorias (aumento do indicador t/km

ou t/consumo de combustível). Exemplo típico é aquele em que os consumidores podem efetuar pedidos de "compra à distância" (Seção IX.5.2.3) em suas próprias casas. Tais pedidos são repassados pela loja aos veículos de entrega em operação, que podem assim optar pelo melhor sequenciamento de entrega, otimizando-o permanentemente. O veículo não precisa regressar à loja para obter o conhecimento dos pedidos e assim pode decidir sempre que recebe uma nova solicitação de entrega. Evidentemente, isto implica em um estoque suficiente de mercadorias no veículo e/ou em limitações aos possíveis pedidos dos consumidores.

Valem aqui, evidentemente, as observações feitas no final do Seção IX.5.2.3 (provável expansão da malha geográfica de distribuição dos grandes estabelecimentos ofertantes em detrimento dos pequenos).

IX.5.2.6. Transporte para Lazer

O transporte para lazer pode ser parcialmente substituído por telecomunicações nos casos de visitas a amigos e parentes, bem como nos casos em que a finalidade da viagem é assistir a espetáculos (teatro, cinema, "shows", espetáculos esportivos).

Ficam excluídas as viagens de férias e as viagens para participar em atividades de lazer que implicam em contato físico com pessoas e objetos (prática de esportes).

IX.5.2.7. Transporte para Efetuar Pagamentos

Em geral, pode ser substituído por telecomunicações entre os cidadãos e as instituições arrecadoras. Tipicamente, se a pessoa tem em casa um terminal ou microcomputador ligado à rede bancária, ela poderá efetuar seus pagamentos (contas, cartões, aluguel, etc.) através desse equipamento; o valor correspondente será automaticamente debitado de sua conta bancária.

IX.5.3. Sugestão de Métodos para Estimação da Parcela da Atividade de Transporte Substituível por Telecomunicações

IX.5.3.1. Transporte de Ida e Volta ao Trabalho

A partir dos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), pode-se conhecer o número de empregados, em cada município brasileiro e em cada ocupação. Pode-se então dispor do número (n_i) de empregados de um certo município que trabalham na ocupação i .

Admitamos que, inicialmente, todos os empregados do município se desloquem diariamente para ida e volta ao trabalho. Suponhamos então que com a intensificação do uso de telecomunicações e informática o número de empregados do município na ocu-

pação i passe de n_i para $n_i(1+p_{i1})$, onde $p_{i1} \geq -1$ (p_{i1} é o incremento relativo no número de empregados do município na ocupação i). Destes $n_i(1+p_{i1})$ empregados, admitiremos que p_{i2} passem a trabalhar alguns dias em casa, com o uso de microcomputadores, terminais gráficos, editores de texto e telecomunicações. Teremos portanto $n_i(1+p_{i1})p_{i2}$ profissionais nessa condição, na cidade, na ocupação i . Suponhamos que em média estes trabalhem uma fração p_{i3} dos dias de trabalho em casa. Temos então uma avaliação final do número de viagens diárias de ida e volta ao trabalho poupadas naquele município, isto é, substituídas pelo uso de telecomunicações e informática:

$$M = \sum_{i=1}^N n_i (p_{i1} p_{i2} + p_{i1} p_{i2} p_{i3} - p_{i1})$$

onde N é o número de ocupações, e notamos que M pode ser positivo ou negativo, em função dos valores de p_{i1} (incremento no nível de emprego), p_{i2} e p_{i3} (redução do número de viagens devido à possibilidade de trabalhar em casa via telecomunicações).

A maior dificuldade para avaliação do número de viagens poupadas reside em obter estimativas para p_{i1} , p_{i2} e p_{i3} .

Em primeiro lugar, seria impraticável mesmo especular sobre os possíveis valores de p_{i1} , p_{i2} e p_{i3} em todos os municípios brasileiros. No entanto, isso pode ser viável para as metrópoles como Rio de Janeiro e São Paulo. Mesmo assim, os valores que se possa atribuir a p_{i1} , p_{i2} e p_{i3} nesses municípios serão mais fruto de hipóteses do que de verificações empíricas.

Poder-se-ia formular e responder questões que inclui-

riam três níveis de hipóteses, tais como: admitindo-se que, com a introdução de telecomunicações e informática na ocupação i , n p novos empregos serão criados ($p > 0$) ou extintos ($p < 0$), e $100 p$ % dos empregados trabalharão $100 p$ % de seus dias de trabalho em casa, qual será o número de viagens poupadas? A formulação de tais questões, adotando-se valores plausíveis para os parâmetros, é melhor operacionalizada se supusermos alguns cenários típicos para o sistema sócio-econômico.

IX.5.3.2 Transporte para Consumo de Mercadorias e Serviços, Lazer e Pagamentos

Basicamente, o que se precisa conhecer é o número de pessoas que se deslocam para consumir mercadorias ou serviços, desfrutar de atividades de lazer ou efetuar pagamentos, quando poderiam fazê-lo, sem se deslocar, usando telecomunicações. As fontes de informação existentes para avaliação desse número são: os cidadãos e as entidades ofertantes de mercadorias, serviços e lazer.

A estimativa do número de viagens que poderiam ser poupadas com o uso de telecomunicações, é impraticável a partir de bases de dados já existentes.

Por outro lado, também são aqui de interesse os resultados de pesquisas por amostragem nas estações de metrô, pontos de ônibus, nos veículos particulares de transporte urbano, ou nos domicílios, que envolvam questões como frequência de viagem por passageiro, finalidade das viagens, modo de transporte uti-

lizado, distância percorrida.

IX.5.3.3. Transporte de Carga

Seria necessário obter uma estimativa do número de viagens do correio que seriam poupadas, caso a transmissão das informações se fizesse via telecomunicações e não via papel. A base de dados adequada neste caso é função da disponibilidade de tais informações da parte do correio.

Quanto ao uso de telecomunicações para otimização da rota de entrega de mercadorias, a forma mais adequada de avaliar a redução das distâncias percorridas pelos veículos de entrega seria obter, através de entrevistas, as estimativas da parte da gerência das grandes lojas e supermercados.

NOTAS

(1) Tal como por exemplo CLEIMAN [74] e CLEIMAN e KUBRUSLY [75].

(2) Vide RIFKIN [36].

(3) Vide CLEIMAN [74] e CLEIMAN e KUBRUSLY [75].

(4) Cf. CLEIMAN [74] e CLEIMAN e KUBRUSLY [75].

(5) Cf. MARTINS [76].

(6) É aqui particularmente interessante o conceito de "trabalho sombra" proposto por I. Illich. O "trabalho sombra" corresponde às diversas atividades não remuneradas, não contabilizadas oficialmente e, em geral, não valorizadas socialmente, realizadas como complemento e suporte à produção industrial. Exemplo típico seria o trabalho doméstico feminino, que por gerações vem fornecendo de forma eficiente e barata as condições essenciais de manutenção e reprodução da força de trabalho, sem que sua contribuição para a economia seja remunerada ou sequer contabilizada. O trabalho sombra é fruto da Revolução Industrial, tanto quanto o trabalho assalariado, e preenche lacunas importantes da produção social, sendo indispensável ao seu pleno desempenho e gerando parcela considerável da riqueza social, que não é mensurada e não consta das estatísticas governamentais. Nos períodos de recessão econômica e de acelerada automatização, parcelas significativas da força de trabalho assalariada tem se transferido para atividades do tipo "trabalho sombra". (cf. ILLICH [14]).

(7) Trata-se aqui de serviços "intangíveis" incluídos no setor quaternário, de acordo com a classificação apresentada na Seção IX.4.

(8) Utilizando-se a terminologia da CBO (Categorias Brasileiras de Ocupação), utilizada pelo Censo Demográfico de Mão-de-Obra da FIBGE, podem aqui ser mencionadas as seguintes ocupações (Cf. FIBGE [77], pp. XLVI-LIX).

- proprietários na agropecuária, sem especificação; empresários da extração vegetal e pesca, da extração mineral, da indústria de transformação, da construção civil; comerciantes; hoteleiros e donos de pensão; empresários nos transportes; outros proprietários.

- administradores e gerentes: na agropecuária, na extração vegetal e pesca, na extração mineral, na indústria de transformação, na indústria de construção civil, no comércio de

mercadorias, hotéis e estabelecimentos similares, nos transportes, de empresas financeiras, imobiliárias e securitárias; outros administradores e gerentes, não classificados anteriormente.

- chefes e encarregados de seção de serviços administrativos de empresas; técnicos e fiscais de tributação e arrecadação; assistentes administrativos; pagadores e caixas; datilógrafos; operadores de teleimpressoras; operadores de máquinas de processamento automático de dados; secretárias; auxiliares de contabilidade; operadores de máquinas copiadoras; arquivistas; auxiliares administrativos; auxiliares de escritório.

- engenheiros; arquitetos; agrimensores; cartógrafos; desenhistas; técnicos de edificações, agrimensura, estradas e saneamento; outras ocupações auxiliares de engenharia e arquitetura; técnicos de meteorologia; matemáticos e atuários; estatísticos; analistas de sistemas; economistas; contadores; técnicos de administração; técnicos de contabilidade; técnicos de estatística; programadores de computadores.

- sociólogos, antropólogos e arqueólogos; psicólogos; geógrafos e demógrafos.

- professores-pesquisadores# de ensino superior; de ensino de 2º grau; de ensino do 1º grau (5ª à 8ª séries); de ensino do 1º grau (1ª à 4ª séries); de ensino de 1º grau (sem especificação de série); de ensino pré-escolar; instrutores de formação profissional; de ensino não especificado.

- magistrados; procuradores, promotores e curadores públicos; advogados e defensores públicos; tabeliães e oficiais de registro; escrivães de cartório;

- religiosos; escritores e jornalistas; bibliotecários; arquivologistas e museólogos;

- proprietários nos serviços, conta-própria (exclusive alojamento e alimentação).

(9) De acordo com a terminologia da CBO, são aqui pertinentes as seguintes ocupações (Cf. FIBGE [77])..

- arquitetos e desenhistas
- médicos e psicólogos
- professores em geral
- advogados
- religiosos
- correios

CAPÍTULO X

CONCLUSÕES

O conceito de energia representa um fator limitante da esfera de entendimento e de atuação do ser humano, pois expressa ao mesmo tempo uma potencialidade, passível de instrumentalização, existente na Natureza; e o reconhecimento de um poder externo e ameaçador, capaz de colocar em risco a sobrevivência do indivíduo e da própria espécie.

O Homem é um ser desprovido de órgãos e instintos especializados a qualquer "habitat" natural, ao contrário das demais espécies.(1) Entretanto, em suas potencialidades mentais dispõe o ser humano do recurso para dominar a sobrecarga que lhe é imposta por sua carência biológica de meios para se proteger de forças externas e assegurar a sobrevivência da espécie. As instruções para uso desse recurso não são disponíveis diretamente na herança genética; o Homem tem que construir seu domicílio e

equilíbrio no mundo através da cultura, em um contínuo processo de recriação da relação Sociedade/Natureza. De frente com uma realidade espaço-temporal mutável e hostil, o Homem necessita construir no mundo cultural um sistema de hábitos ao mesmo tempo estabilizados e mutáveis, em uma atitude adaptativa fundamentada sobre a superação da carência biológica de meios através do comportamento operante.

Os eventos do "habitat" natural que transcendem o raio de ação e controle do Homem possuem o caráter de um desafio contingencial, capaz de portar informações dotadas de um significado virtual. O processamento cognitivo desse conteúdo informativo latente permite a construção de interfaces estabilizadoras entre a mente humana e a Natureza, capazes de estabilizar o comportamento reativo da síntese social diante dos referidos eventos.

Nas formações socio-culturais pré industriais o ritual mágico-religioso é o estabilizador cultural fundamental. Os fenômenos inesperados e surpreendentes, tais como as grandes catástrofes naturais, são aí fatores de instabilização e temor, interpretados como manifestações de um poder superior, diante do qual se impõe uma atitude de espera e dívida, de busca de um diálogo mítico estabilizador.

Já na civilização industrial moderna é a ciência como técnica o fator de estabilização cultural da síntese social. A transformação da ciência em força produtiva social faz da concepção de lei natural o suporte e da medição experimental o ins-

trumento para a introdução de um novo princípio ordenador na apreensão dos eventos da Natureza. Assim por exemplo, as tempestades, terremotos e erupções vulcânicas são agora objeto de explicações científicas, mediante o conceito de transformação entre diferentes formas de energia, e de previsão e controle progressivamente precisos e confiáveis. A instrumentalização científico-técnica de matéria, energia e informação a serviço de uma progressiva conquista racionalista do tempo e do espaço é o cerne de uma nova superestrutura estabilizadora, onde a ciência como técnica se funde com a produção industrial.

Entretanto, a conquista racionalista de tempo e espaço da Ciência moderna depara-se hoje com novos desafios, também inesperados e surpreendentes, dentre os quais um dos mais diretamente reconhecíveis está nos limites ao crescimento das economias industrializadas. Limitações de recursos energéticos e impactos ecológicos do uso da energia são aqui indícios desses novos desafios, pois ameaçam inviabilizar a continuidade do padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico vigente (Cf. Seção III.5); nesse sentido, o conceito de entropia é particularmente útil para identificar aspectos do desenvolvimento industrial recente onde são mais nítidos os limites de compreensão e controle do saber moderno. (Cf. Capítulo II).

Diante da limitação ao uso de energia, são colocadas diferentes propostas e cenários alternativos, que em geral correspondem ao imperativo de assegurar o padrão de desenvolvimento tecnológico vigente: fontes energéticas alternativas, racionalamento, informatização da sociedade.

O presente trabalho concentrou-se em um aspecto da última alternativa, a saber, a telematização dos transportes, em especial do transporte rodoviário de cargas, como um fator de racionalização, controle e redução dos desperdícios energéticos. Através de um esforço de compreensão e crítica, e da modelagem estatística sobre dados empíricos, buscou-se avaliar o significado de uma contribuição da telemática como fator anti-entrópico na atividade de transportes.

Os resultados obtidos na pesquisa indicam diferentes evidências, possibilidades e limitações, em diferentes níveis de abstração e concretude, a saber:

- a abordagem histórico-comparativa permite evidenciar as possibilidades e limitações de diferentes meios de comunicação como instrumentos de controle sobre fluxos e estoques energéticos crescentes, assim como permite um entendimento das redes de comunicação, transportes e de fluxo energético como uma totalidade integrada, essencial à vida humana em sociedade, enquanto responsável pelo deslocamento, transformação, estocagem e troca de matéria, energia e informação, que asseguram às comunidades humanas a sobrevivência e reprodução enquanto sistemas auto-organizantes

- é empiricamente comprovável que as opções predominantes em termos de modos de transporte no Brasil são energeticamente ineficientes

- a integração dos diferentes modos de transportes será

mais eficiente do ponto de vista energético à medida em que também seja eficiente o uso da comunicação como fator de planejamento, programação e controle, favorecendo o adequado "casamento de impedâncias" nas interfaces entre os diferentes modos

- as telecomunicações e a informática podem ser aplicadas às diferentes atividades constitutivas do planejamento, programação e controle do transporte rodoviário de carga, em contextos empiricamente detectáveis; por outro lado, nesses contextos são também empiricamente detectáveis as necessidades e carências existentes

- dada a essencialidade da comunicação como insumo à atividade de transporte, é empiricamente viável um entendimento e segmentação do subsetor de transporte rodoviário de cargas sob a ótica do modo e intensidade de uso de telecomunicações; como um produto desse processo de segmentação, é possível detectar empiricamente os fatores explicativos da receptividade ao uso de telecomunicações por parte das empresas de transporte rodoviário de cargas: porte, dispersão geográfica, nível cultural e salarial dos funcionários, por ordem de importância

- são passíveis de identificação os contextos tecnológicos e organizacionais caracterizados como líderes no uso de telecomunicações no transporte rodoviário de cargas; são igualmente identificáveis os contextos potencialmente capazes de promover uma expansão e aprofundamento na adoção dessa tecnologia

- é também possível um entendimento e classificação do

subsetor segundo a eficiência energética, bem como a identificação dos fatores explicativos da eficiência energética e de sua importância relativa: porte, nível salarial dos funcionários, gastos com comunicações e impressos utilizados no tráfego e idade da frota; em determinados casos, os gastos com comunicação contribuem tanto quanto o fator porte para a eficiência energética.

- o impacto dos meios rápidos e confiáveis de transportes e comunicações a nível microeconômico é passível de avaliação também no caso de empresa não transportadora (abrangendo-se os setores industrial e comercial), mediante o estudo do controle de estoques; a simulação de processos estocásticos, alimentada com parâmetros empiricamente pesquisados de performance de diferentes meios de transporte e comunicações, evidencia a conveniência do uso de telecomunicações como fator de minimização dos estoques.

Telecomunicações e informática, enquanto insumos tecnológicos de origem e difusão recentes, apresentam assim evidências, ainda que limitadas, para contribuírem como fatores anti-entrópicos, se não no sistema de transportes enquanto totalidade orgânica, ao menos nas empresas transportadoras capazes de tomar a dianteira na absorção de tais tecnologias. Seriam assim exemplos da capacidade do próprio desenvolvimento tecnológico de gerar novas soluções estabilizadoras para problemas originados em estágios precedentes de desenvolvimento. A assim chamada "Revolução da Informática" apresenta assim exemplos de soluções tecnológicas apropriadas para problemas advindos de um desdobramen-

to "além do desejável" das conquistas da Revolução Industrial.

Na medida em que tais inovações tecnológicas possam ser absorvidas e aplicadas em determinados contextos específicos, tais como as empresas transportadoras líderes, trarão um aprimoramento da produtividade, contribuindo para viabilizar uma retomada da via do crescimento nesses contextos (2). Essas inovações podem portanto contribuir para a viabilização de enclaves auto-organizantes capazes de operar em regime de entropia decrescente; a expansão da esfera de atuação e influência desses enclaves poderá entretanto ter o efeito de um foco exportador de entropia sobre o meio ambiente, a exemplo das células e organismos vivos (Cf. PRIGOGINE e STENGERS (1979), capítulos 5 e 6). Assim, embora a eficiência energética nesses enclaves possa crescer com a intensificação do fluxo da comunicação, é de se esperar que justamente os contextos mais eficientes energeticamente tendam a se expandir, contribuindo assim para maior uso, e conseqüentemente, degradação da energia. Os limites energéticos ao crescimento permanecem.

A estabilização do sistema de transportes enquanto totalidade orgânica e, em última instância, de toda a síntese social, enquanto totalidade socio-biológica e histórico-cultural, dada a quantidade crescente de energia que flui e que é estocada, dependerá cada vez mais crucialmente da qualidade e da intensidade da comunicação utilizada (Cf. Seções III.5 e IV.3.5). Aqui a natureza anti-entrópica da informação assume um duplo papel. Por um lado, o de controlar diretamente a performance dos sistemas produtivos e destrutivos em operação, incluídos os sis-

temas de transportes. Por outro, o de servir como elemento ordenador a um nível superior de coordenação: os meios de comunicação são hoje essenciais para a construção e estabilização de novas relações entre as comunidades humanas, tendo-se em consideração os obstáculos de ordem política, cultural, religiosa e étnica. Nesta última acepção, o termo "comunicação" transcende o nível da simples avaliação técnica e econômica das estruturas de "hardware" e "software" disponíveis, para assumir o significado da capacidade de sobrevivência da espécie através do mútuo entendimento, da tolerância, da aceitação do diferente, da busca de novos procedimentos de convivência e de critérios valorativos, compatíveis com um novo mundo, que não seja apenas o resultado do aprimoramento "ad infinitum" de sistemas de controle socio-técnicos, mas que reflita nossa capacidade de superação dos riscos inerentes ao nosso tempo e de compreensão de nossos limites e das condições de nosso futuro. Neste sentido a comunicação é condição essencial para a concretização da sociedade pós-industrial.

NOTAS

(1) Cf. Seção III.1. Ver também MARTINS e BARTHOLO JR. (1983). Para um aprofundamento a nível antropológico e filosófico, ver GEHLEN (1976 e 1978).

(2) A par da Informática, outras inovações tecnológicas recentes também têm sido apontadas como viabilizadoras de uma superação dos limites ao crescimento industrial: a Energia Nuclear e a Engenharia Genética são os principais exemplos. (Cf. Seção III.5)

CAPÍTULO XI

SUGESTÕES PARA APROFUNDAMENTO DO ESTUDO

XI.1. INTRODUÇÃO

A experiência vivenciada no decorrer do trabalho de pesquisa, em especial o contacto com especialistas e com instituições vinculadas ao tema da tese, bem como o amplo acesso a informações pertinentes, foram recursos privilegiados que certamente permitiriam ir além, tanto no esforço analítico como nos resultados e conclusões apresentados. Neste sentido, o próprio estudo realizado apontou reiteradamente para diferentes linhas de pesquisa, que poderiam ser exploradas em maior profundidade e abrangência, não fossem as limitações institucionais e pessoais que inevitavelmente circunscrevem o trabalho de tese.

A seguir, apontam-se duas das possíveis linhas de pesquisa, de caráter experimental, que poderão se desenvolver com apoio no referencial teórico e em parte dos resultados do presente trabalho.

XI.2. A INFORMATIZAÇÃO DOS TRANSPORTES E A REORGANIZAÇÃO DO MUNDO DO TRABALHO

O estudo do impacto da telemática sobre a organização do trabalho poderá ser experimentalmente desenvolvido tendo como base a metodologia de segmentação da força de trabalho apresentada no Capítulo IX. A principal fonte secundária de dados que se sugere para embasar tal estudo é a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Uma pesquisa dessa natureza requer, entretanto, a verificação direta, mediante estudos de caso, a exemplo de outros países ([104], [106], [107], [115], [117], [118], [125], [130]). Neste sentido, a proposta contida nesta tese recomenda a escolha do setor de transportes como o contexto privilegiado para o estudo dos impactos sociais e organizacionais do processo de informatização, em contraposição a opções de interesse sobre outros setores mais frequentemente abordados (bancário, industrial, etc.). Para tanto, poder-se-á contar com o delineamento já estabelecido sobre o setor de transportes (Cf. Capítulo VI) como um primeiro referencial para elaboração de planos de amostragem estratificada; entretanto, o conteúdo de ques-

tionários e entrevistas terá novo caráter, uma vez que se buscará agora identificar as tendências da composição da força de trabalho e de sua reorganização, em face do processo de informatização. Um aspecto de interesse nessa pesquisa será a identificação dos impactos da informatização dos transportes sobre a cultura da gerência e do pessoal de tráfego e de apoio, em suas representações mentais e atitudes de absorção/rejeição do novo fato tecnológico.

XI.3. UM MODELO PARA O "TRADE-OFF" ENTRE TRANSPORTE E TELECOMUNICAÇÕES TENDO COMO BASE A REGIÃO GEOGRÁFICA

No Capítulo VII foi desenvolvido um modelo para avaliação do "trade-off" entre uso de comunicações e uso de energia, que teve na empresa transportadora seu objeto de estudo e buscou testar estatisticamente a significância da contribuição do uso de comunicações à produtividade das empresas por unidade de dispêndio energético.

Apresenta-se a seguir a sugestão de um modelo alternativo, onde o estudo do "trade-off" é proposto ao nível da região geográfica, buscando-se avaliar as correlações existentes entre os fluxos interregionais de transporte e comunicações, tendo como variáveis de controle medidas da atividade econômica e da demografia regional. O modelo é formulado mas não testado, em função da dificuldade de acesso às informações pertinentes; estas são entretanto apontadas.

XI.3.1. Introdução

Se buscarmos abstrair questões como o objetivo da viagem e quais as viagens que podem ser substituídas por telecomunicações e quais não podem, é interessante pensar em um modelo que nos permita medir o grau de associação entre esses dois tráfegos (transporte e telecomunicações), desde que tenhamos uma medida para cada um deles.

Assim, a intensidade do fluxo de transportes Y e a de fluxo de telecomunicações Z entre dois pontos geográficos quaisquer devem se relacionar de tal forma que, se outros fatores X_1, X_2, \dots, X_k que influem sobre Y se mantiverem constantes, aumentando-se Z deverá diminuir Y . Essa hipótese expressa a presumível substituição de transporte por telecomunicações.

Dizíamos que a correlação estatística parcial entre Y e Z é negativa, o que é uma hipótese que pode ser testada estatisticamente, desde que tenhamos valores experimentais de Y e Z e dos fatores X_1, X_2, X_k , bem como uma amostra suficientemente grande de pontos geográficos.

A escolha mais natural dos pontos geográficos recai sobre os municípios (cada município é um ponto) e a escolha de X_1, \dots, X_k , sobre os indicadores de atividade econômica desses municípios (produto agrícola, produto industrial, população, nú-

mero de veículos, número de aparelhos telefônicos, arrecadação tributária).

Como uma primeira formulação matemática, poderíamos estabelecer a relação:

$$Y = f(Z, X_1, X_2, \dots, X_k)$$

onde, presumivelmente,

$$\text{DERRONDI } Y / \text{DERRONDI } Z < 0$$

$$\text{DERRONDI } Y / \text{DERRONDI } X_j > 0 \quad (j=1, \dots, k)$$

A seguir, passamos a sugerir uma forma analítica para a função $f(\cdot)$ e indicamos a possibilidade de estimação de seus parâmetros.

3.2. Sugestão de Um Modelo

A totalidade dos municípios brasileiros pode ser considerada como um grafo orientado com n nós e $n(n-1)$ ramos.

Para cada nó i , são definidas k variáveis de natureza sócio-econômico-geográfica, a saber:

$$X_1(i), X_2(i), \dots, X_k(i) = \text{QUI}(i) \quad (\text{vetor } 1 \times k)$$

Para cada ramo (i,j) , são definidas duas variáveis:

$$Y(i,j) \text{ e } Z(i,j),$$

sendo:

$$Y(i,j) = \text{medida do fluxo de transporte de } i \text{ para } j$$

$Y(i,i)$ = medida do fluxo de transporte urbano em i

$Z(i,j)$ = medida do fluxo de telecomunicações de i para j

$Z(i,i)$ = medida do fluxo de telecomunicações urbano em i

A base de dados do modelo proposto tem a estrutura dada pelas matrizes:

$$\begin{array}{|c|} \hline X(1) \dots\dots\dots X(1) \\ \hline 1 \qquad \qquad \qquad k \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline X(n) \dots\dots\dots X(n) \\ \hline 1 \qquad \qquad \qquad k \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline Y(1,1) \dots\dots\dots Y(1,n) \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline Y(n,1) \dots\dots\dots Y(n,n) \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline Z(1,1) \dots\dots\dots Z(1,n) \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline \dots \qquad \qquad \qquad \dots \\ \hline Z(n,1) \dots\dots\dots Z(n,n) \\ \hline \end{array}$$

O modelo matemático proposto é definido por:

$$Y(i,j) = f(Y(j,i), Z(i,j), Z(j,i), g(QUI(i), QUI(j)))$$

onde, presumivelmente,

$$\text{DERRONDI } Y(i,j) / \text{DERRONDI } Y(j,i) > 0$$

$$\text{DERRONDI } Y(i,j) / \text{DERRONDI } Z(i,j) < 0$$

$$\text{DERRONDI } Y(i,j) / \text{DERRONDI } Z(j,i) < 0$$

$$\text{DERRONDI } Y(i,j) / \text{DERRONDI } QUI(i) > 0$$

$$\text{DERRONDI } Y(i,j) / \text{DERRONDI } QUI(j) > 0$$

$$g(QUI(i), QUI(j)) = g(QUI(j), QUI(i))$$

Alguns casos particulares de interesse são:

1) Modelo Multiplicativo:

$$g(QUI(i), QUI(j)) = h(QUI(i)) \cdot h(QUI(j))$$

onde h tem o significado de medir o grau de atividade econômica do município i.

Por exemplo:

$$Y(I, J) = \frac{h(QUI(i)) \cdot h(QUI(j)) \cdot Y(j, i) \cdot ALFA1}{Z(i, j) \cdot J(j, i) \cdot ALFA2 \cdot ALFA3}$$

$$= \frac{\prod_{m=1}^k X(i) \cdot X(j) \cdot LAMBDA_m \cdot Y(j, i) \cdot ALFA1}{Z(i, j) \cdot Z(j, i) \cdot ALFA2 \cdot ALFA3}$$

2) Modelo Linear

$$g(QUI(i), QUI(j)) = h(QUI(i)) + h(QUI(j))$$

Por exemplo:

$$Y(i, j) = ALFA_1 \cdot Y(j, i) + ALFA_2 \cdot Z(i, j) + ALFA_3 \cdot Z(j, i) +$$

$$+ \sum_{m=1}^k LAMDA_m \cdot [X(i) + X(j)]$$

Para ambos os casos particulares mencionados, pode-se aplicar regressão múltipla (não linear e linear, respectivamente).

Os resultados da regressão múltipla mais importantes para os objetivos do estudo seriam:

- a estatística R^2
- a estimativa dos coeficientes de $Z(i, j)$ e $Z(j, i)$

- a estatística t de Student referente aos coeficientes de $Z(i,j)$ e $Z(j,i)$
- os coeficientes de correlação parcial entre $Y(i,j)$ e $Z(i,j)$ e entre $Y(i,j)$ e $Z(j,i)$

Cada uma destas estatísticas, e todas em conjunto, são úteis para avaliar estatisticamente a significância de $Z(i,j)$ e $Z(j,i)$ como fatores que influenciam sobre $Y(i,j)$. Assim, poderíamos obter uma primeira avaliação do "trade-off" entre transportes e telecomunicações interurbanos no Brasil.

É de se notar aqui a dificuldade de obtenção de dados relativos aos fluxos de telecomunicação ($Z(i,j)$ e $Z(j,i)$) e de transportes ($Y(i,j)$ e $Y(j,i)$), sem os quais a operacionalização do modelo é inviável. A mensuração de tais fluxos entre municípios ou regiões do país é algo ainda por se elaborar. Por esta razão, o modelo não foi implementado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] HEISENBERG, W. K., *Das Naturbild der heutigen Physik*, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 1965.
- [2] BARTHOLO JR., R.S., *Homo Industrialis*, Wilhelm Fink Verlag, Munchen, 1982. (Edição revista em português intitulada "Os Labirintos do Silêncio - Cosmovisão e Tecnologia na Modernidade", Editora Marco Zero/COPPE, São Paulo/Rio de Janeiro, 1986).
- [3] WEISZACKER, C.F., *Die Einheit der Natur*, Deutscher Taschenbuch Verlag, Munchen, 1971.
- [4] PRIGOGINE, I. e STENGERS, I., *La Nouvelle Alliance - Metamorphose de la Science*, Editions Gallimard, Paris, 1979.
- [5] GEORGESCU-ROEGEN, N., *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, 1971.
- [6] ECO, U., *Opera Aperta*, Tascabili Bompiani, ano I, N. 11, Gruppo Editoriale Fabbri Milano, 1985.
- [7] PFEIFFER, W., *Allgemeine Theorie der technischen Entwicklung*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1971.

[83] SAGAN, C., *Cosmos*, Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1982.

[93] LEHNINGER, A. L., *Bioquímica*, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1976.

[103] JANTSCH, E., *The Self-Organizing Universe*, Pergamon Press, Oxford, 1980.

[113] WIENER, N., *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, M. I. T. Press, Cambridge, 1961.

[123] HOLLISTER e POTEOUS, *The Environment - A Dictionary of the World around Us*, Arrow Books, London, 1976.

[133] ILLICH, I., *Toward a History of Needs*, Bantou Books, 1980.

[143] ILLICH, I., *Shadow Work*, Marion Boyares, 1981.

[153] TRIBUS, M. e McIRVINE, E. C., *Energy and Information*, in *Scientific American*, V. 225, N. 3, pp. 179-188, set. 1971.

[163] WEISZACKER, C. F., *Diagnosen zur Aktualität*, München, 1979.

[173] SONNTAG, P., *Politische Kontrolle des technischen Fortschritts bei Atomwaffensysteme*, in MEYER ABICH, K. M. (org.) *Physic, philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, München, 1982.

- [18] RAMOS, G., *Sociologia Industrial*, Editora Agir, Rio de Janeiro, 1982.
- [19] JONES, B. *Sleepers, Wake! - Technology and the Future of Work*, Oxford University Press, Melbourne, 1982.
- [20] MARTINS, R. C., *Trabalho, Energia, Informação, Trabalho Humano: Em Busca de uma ética da Sociedade Pós-Industrial*, in BENAKOUCHE, R. (org.) *A Questão da Informática no Brasil*, Cnpq/Brasiliense, Brasília/São Paulo, 1980.
- [21] LEAKEY, R. E. e lelewin, R., *Origens*, Edições Melhoramentos/Editora Universidade de Brasília, São Paulo/Brasília, 1980.
- [22] LEAKEY, R. E., *A Evolução da Humanidade*, Edições Melhoramentos/Editora Universidade de Brasília,, São Paulo/Brasília, 1981.
- [23] RIBEIRO, D., *O Processo Civilizatório*, Editora Vozes, Petrópolis, 1983.
- [24] BARTHOLO JR., R. S. e MARTINS, R. C., *Uma Tentativa de Modelagem do Processo de Desenvolvimento Tecnológico como um Processo de Ganho de Informação*, in *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Florianópolis, out. 1983.
- [25] STARR, C., *Energy and Power*, in *Scientific American*, V. 225, N. 3, pp. 37-49, set. 1971.

- [26] BAUMEISTER, T., Steam Engine, in PARKER, S. P. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- [27] BAUMEISTER, T., Internal Combustion Engine, in PARKER, S.P. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, McGrawHill Book Company, New York, 1977.
- [28] BAUMEISTER, T., Diesel Engine, in PARKER, S.P. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- [29] BAUMEISTER, T., Otto Cycle, in PARKER, S.P. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- [30] BAILY, F. G., Steam Turbine, in PARKER, S. P. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- [31] BURTON, B., *Nutrição Humana*, McGraw Hill, São Paulo, 1979.
- [32] MUMFORD, L., *The Myth of the Machine - Technics and Human Development*, Harcourt, Brace & World, Inc., New York, 1967.
- [33] WEBER, M., *A ética Protestante e o Espírito do Capitalismo*, Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1981.

[34] COOK, E., The Flow Energy in an Industrial Society, *Scientific American*, v. 224, N. 3, pp. 134-144, set. 1971.

[35] CRABBE, D. et alii, *The World Energy Book*, Kogan Page Limited, London, 1979.

[36] RIFKIN, J., The Other Side of the Computer Revolution, in *Datamation*, V. 9, N. 9, maio de 1983.

[37] BARTHOLO JR., R. S., Cibernética e Civilização Industrial: Mente, Matéria e Vida diante do Poder Tecnológico Moderno, in BENAKOUCHE, R. (org.), *A Questão da Informática no Brasil*, CNPq/Brasiliense, Brasília/São Paulo, 1985.

[38] van den DAELE, W. e KROHN, W., Anmerkungen zur Legitimation der Naturwissenschaften, in MEYER-ABYCH, K. M. (org.), *Physic, Philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 1982.

[39] BARR, E., Fur Unsere Sicherheit, in MEYER-ABYCH, K. M. (org.), *Physic, Philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 1982.

[40] HAFELE, W., Energieszenarien und Sicherheitspolitik, in MEYER ABICH, K.M. (org.), *Physic, Philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 1982.

[413] AFHELDT, H., Der Beitrag der Wissenschaft zum Fiasko der Sicherheitspolitik, in MEYER-ABYCH, K. M. (org.), *Physic, Philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 1982.

[423] PARNAS, D. L., Software Wars, in MICHEL, K. M. (org.), *Krieg und Frieden - Streiten um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.

[433] GROZINGER, G., MAX MAD: Alternative zu Star Wars, in MICHEL, K. M. (org.), *Krieg und Frieden - Streiten um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.

[443] FUSS, W., Laser Initiative, in MICHEL, K. M. (org.), *Krieg und Frieden - Streiten um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.

[453] AFHELDT, H., Die Morgen Nach SDI, in MICHEL, K. M. (org.), *Krieg und Frieden - Streiten um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.

[463] WEKZK, S., Wie ich die Laser lieben lernte, in MICHEL, K. M. (org.), *Krieg und Frieden - Streiten um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.

[473] MARTINS, R. C., Information and Knowledge in Modern Science: Some Ethical and Semantic Spects, in *Knowledge (dis) Appearance, Systemica*, N. 1-6, 1986, Delft University Press, Amsterdam.

[48] MORLOK, E. K., *Introduction to Transportation Engineering and Planning*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, 1978.

[49] HOBBSAWM, E. J., *Las Revoluciones Burguesas*, Punto Omega, Madrid, 1976.

[50] MacLEAN, P. D., *A Triune Concept of the Brain and Behaviour*, in BOAG, T. e CAMPBELL, D. (ed.), *The Hincks Memorial Lectures*, University of Toronto Press, Toronto, 1973.

[51] RESTAK, R. M., *The Brain - the Last Frontier*, Warner Books Edition, New York, 1979.

[52] GRAY, P., *Prospects and Realities of the Telecommunications/Transportation Tradeoff*, Center for Futures Research, Graduate School of Business Administration, University of South California, Sept. 1973.

[53] MODAK e PATKAR, *Telephone Usage and Behaviour - Learning from Bombay's Experience*, Bombay, Oct. 1985.

[54] HOBBSAWM, E. J., *A Era do Capital*, Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1977.

[55] MARX, K., *O Capital*, Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1978.

[56] TOYNBEE, A., *A Humanidade e a Mãe-Terra - Uma História Narrativa do Mundo*, Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1982.

[57] CASTRO, N. R., Tecnologia, Custos, Capacidade de Carga e Consumo Energético no Transporte Rodoviário de Bens, IPEA, Rio de Janeiro, 1983.

[58] BOMFIM, M. N. C., MARTINS, R. C. e HELT, S. R. M., Estatística em Microcomputadores - Uma Nova Opção para Usuários de SPSS, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1985.

[59] MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, Balanço Energético Nacional, Brasília, 1985.

[60] GEIPOT, Anuário Estatístico dos Transportes, Brasília, 1975/76.

[61] GEIPOT, Anuário Estatístico dos Transportes, Brasília, 1980.

[62] GEIPOT, Anuário Estatístico dos Transportes, Brasília, 1985.

[63] GEIPOT, Transporte Moderno, maio de 1983.

[64] DNER, Anuário Estatístico do Transporte Rodoviário Coletivo Interestadual de Cargas, 1981.

[65] KLECKA, W.R., Discriminant Analysis, in: NIE, N.H. et alii, Statistical Package for the Social Sciences, McGraw-Hill Book Company, New York, 1975.

[663] NIE, N. H., HULL, C. H., JENKINS, J. G., STEINBRENNER, K., BENT, D. H., **Statistical Package for the Social Sciences**, McGraw Hill Book Company, New York, 1975.

[673] TATSUOKA, M. M. e TIEDEMAN, D. V., **Discriminant Analysis**, in **Review of Educational Research**, American Educational Research Association, Washington, D. C., 1954.

[683] HYMER, S., **Empresas Multinacionais: A internacionalização do Capital**, Edições Graal, 1978.

[693] HILLIER, F. S. e LIEBERMANN, G. J., **Operations Research**, Holden Day, Inc., San Francisco, 1974.

[703] WHITEHOUSE, G. E. e WECHSLER, B. L., **Applied Operations Research: A Survey**, John Wiley & Sons, New York, 1976.

[713] BUFFA, E. S. e TAUBERT, W. H., **Production-Inventory Systems Planning and Control**, Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois, 1972.

[723] ROSS, S., **Introduction to Probability Models**, Academic Press, New York, 1972.

[733] NUNAMAKER JR., J.D. et alii, **Information Systems Curriculum Recommendations for the 80's: Undergraduate and Graduate Programs**, **Communications of the A. C. M.**, V. 25, nº 11, nov. 1982.

- [743] CLEIMAN, D.F., O Emprego no Setor Informático do Brasil, in BENAKOUCHE, R. (org.), *A Informática e o Brasil*, Polis/Vozes, São Paulo/Petrópolis, 1985.
- [753] CLEIMAN, D.F. e KUBRUSLY, L.S., Subsídios para Discussão sobre os Rumos da Informática nos Países em Desenvolvimento, *Anais do II CLAIO/XIV JAIIO*, Editora Ateneo, Buenos Aires, 1985.
- [763] MARTINS, R. C., *Revolução Informática, Emprego e Trabalho*, in *Anais do II CLAIO/XIV JAIIO*, Editora Ateneo, Buenos Aires, 1985.
- [773] FIBGE, *Censo Demográfico - Mão de Obra*, Rio de Janeiro, 1980.
- [783] GEHLEN, A., *Die Seele im technischen Zeitalter*, Reinbeck bei Hamburg, 1976.
- [793] GEHLEN, A., *Der Mensch, Seine Natur und Stellung in der Welt*, Wiesbaden, 1978.
- [803] MARTINS, R. C., Segmentation of the Transport Sector in View of the Use of Telecommunications: The Contribution of Statistical Methods, in *Proceedings of the IV World Conference on Transports Research*, Vancouver, 1986.

- [81] KIM, J.-O. e KOHOUT, F. J., Multiple Regression Analysis: Subprogram Regression, in NIE, N. H. et alii, Statistical Package for the Social Sciences, Mc Graw Hill Book Company, New York, 1975.
- [82] RECK, G., Análise Econômica do RTRC, ENCATER, 1984.
- [83] BEER, S., Decision and Control, John Wiley and Sons, London, 1966.
- [84] CHESTNUT, H., Systems Engineering Tools, John Wiley & Sons Inc., New York, 1966.
- [85] COOLEY, W.W. e LOHNES, P.R., Multivariate Data Analysis, John Wiley and Sons, New York, 1971.
- [86] FIBGE, Empresas de Transporte Rodoviário, 1982.
- [87] GEIPOT, Estudo sobre o Transporte Rodoviário de Carga, 1984.
- [88] HEISENBERG, W.K., Física e Filosofia, Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1981.
- [89] HERRERA, A., A Grande Jornada, Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1982.
- [90] KENDALL, M.; STUART, A.; ORD, J.K., The Advanced Theory of Statistics, Charles Griffin & Company, London, 1983.

- [91] MEYER ABICH (org.), *Physic, Philosophie und Politik*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 1982.
- [92] MICHE, K.M. (org.), *Krieg und Frieden - Streit um SDI*, Kursbuch Verlag, Berlin, 1986.
- [93] NORA, S. e MINC, A., *A Informatização da Sociedade*, Editora da F.G.V./COBRA, Rio de Janeiro 1980.
- [94] NOVAES, A.C., *Pesquisa Operacional e Transportes: Modelos Probabilísticos*, McGraw-Hill do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, 1975.
- [95] SONNTAG, R. e VAN WYLEN, G.J., *Introduction to Thermodynamics: Classical and Statistical*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.
- [96] STACHOWIAK, H., *Denken und Erkennen im Kybernetischen Modell*, Springer-Verlag, Wien, 1969.
- [97] SUKHATME, P.V., SUKHATME, B.V., *Sampling Theory of Surveys with Applications*, Iowa State University Press, Iowa, U.S.A., 1970.
- [98] SUNAMAM, *Anuário Estatístico*, 1981.
- [99] BARROS, R.P. e FERREIRA, S.S., *Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio*, IPEA, Rio de Janeiro, maio 1982.

[100] BERNARD III, M.J. e LABELLE, S.J., Decreasing Urban Travel Energy Usage Through Transit System Management, in: FAZZOLARE, R.A. e SMITH, C.B. (eds.), Energy Use Management Proceedings of the International Conference, Pergamon Press, New York, oct. 1977.

[101] CARRINGTON, J.F., The Talking Drums of Africa, Scientific American, v. 225, pp. 90-94, dez. 1971.

[102] DORDICK, H.S., Long Run Substitutability of Communications for Transportation, in: FAZZOLARE, R.A. e SMITH, C.B. (eds.), Energy Use Management Proceedings of the International Conference, Pergamon Press, New York, oct. 1977.

[103] DYSON, F., Energy in the Universe, Scientific American, v. 225, n° 3, pp. 51-59, set. 1971.

[104] DeSANCTIS, G., Attitudes Toward Telecommuting - Implications for Work-at-Home-Programs, Information & Management, 7, North-Holland, pp. 133-139, 1984.

[105] GATES, D.M., The Flow of Energy in the Biosphere, Scientific American, v. 225, n° 3, pp. 89-100, set. 1971.

[106] GIULIANO, V.E., Teleworking: Future Shock?, Telephony, February 9, 1981.

[107] GIULIANO, V.E., Teleworking: A Prospectus, Telephony, January 12, 1981, pp. 67-73.

[108] HARKNESS, R.C., Use of Telecommunications to Reduce Transportation Energy Demand: A Plan of Cooperative International Research, Stanford Research Institute, Project 5868, Menlo Park, California, dec. 1976.

[109] HARKNESS, R.C., Some Energy Implications of the Telecommunications/Transportation Tradeoff, in: FAZZOLARE, R.A. e SMITH, C.B. (eds.), Energy Use Management Proceedings of the International Conference, Pergamon Press, New York, oct. 1977.

[110] HUBBERT, M.K., The Energy Resources of the Earth, Scientific American, v. 225, pp. 61-70, set. 1971.

[111] KATZ, M., The Decision-Making in the Production of Power, Scientific American, v. 225, n° 3, pp. 191-200, set. 1971.

[112] KEMP, W.B., The Flow of Energy in a Hunting Society, Scientific American, v. 224, n° 3, pp. 104-115, set. 1971.

[113] KIM, J.O., Factor Analysis, in: NIE, N.H. et alii, Statistical Package for the Social Sciences, McGraw-Hill Book Company, New York, 1975.

[114] KOBAYASHI, K., Computer, Communications and Man: The Integration of Computer and Communications with Man as an Axis, Computer Networks, 5(4), pp-237-250, jul. 1981.

- [115] KOLLEN, J.K., Travel/Communications Tradeoffs: The Potential for Substitution for Business Travelers, Business Planning Group - Bell Canada, Montreal, 1975.
- [116] LUTEN, The Economic Geography of Energy, Scientific American, v. 225, nº 3, pp. 165-175, set. 1971.
- [117] MERDES, L.H., Doing your Office Over-Electronically, Harvard Business Review, mar./apr. 1981.
- [118] OLSON, M.H., New Information Technology and Organizational Culture, MIS Quarterly, Special Issue 1982, pp. 71-92, 1982.
- [119] PINHEIRO, A.M.C., Sobre a Dieselização da Frota Brasileira das Caminhões, IPEA, Rio de Janeiro, dez. 1983.
- [120] PYE, R. e TYLER, M., Telecommunications or Travel?, New Scientist, pp. 642-644, sept. 12, 1974.
- [121] RAMOS, L.R., Cenários de Demanda por Derivados de Petróleo, IPEA, Rio de Janeiro, dez. 1983.
- [122] RAMOS, L.R., Modelos do Setor Petróleo (MOSPET): Oferta e Demanda de Derivados e Balanço de Divisas, IPEA, Rio de Janeiro, fev. 1985.

- [123] RAPPAPORT, R.A., The Flow of Energy in an Agricultural Society, *Scientific American*, v. 225, n° 3, pp. 117-132, set. 1971.
- [124] REZENDE, A.E.R., Análise da Demanda por Insumos das Empresas Profissionais de Transporte Rodoviário de Carga, IPEA, Rio de Janeiro, set. 1984.
- [125] SAMPLE, R.L., Coping with the "Work at Home" Trend, *Administrative Management*, pp. 24-27, aug. 1981.
- [126] SHANNON, R. e WEAVER, W., *The Mathematical Theory of Communication*, Illinois University Press, 1949.
- [127] SUMMERS, C.M., The Conversion of Energy, *Scientific American*, v. 225, n° 3, pp. 149-160, set. 1971.
- [128] THIOLENT, M.J.M., Informática e Processo Cognitivo, in: BENAKOUCHE, R. (org.), *A Questão da Informática no Brasil*, CNPq/Brasiliense, Brasília/São Paulo, 1985.
- [129] TYLER, M., Transportation, Energy and Information - Some Opportunities for Conservation Policy, in: FAZZOLARE, R.A. e SMITH, C.B. (eds.), *Energy Use Management Proceedings of the International Conference*, Pergamon Press, New York, oct. 1977.
- [130] VAIL, H., The Automated Office, *The Futurist*, v. 12(2), pp. 73-78, apr. 1978.