

RODOLPHO HUMBERTO RAMINA

**REDES E PODER:
O PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO
E A GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS**

**Tese apresentada ao Curso de
Doutorado em Meio Ambiente e
Desenvolvimento, Universidade
Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de
Doutor em Meio Ambiente e
Desenvolvimento.**

**Orientadores:
Prof. Dr. Francisco Mendonça
Prof. Dr. Guillermo Foladori**

**CURITIBA
2000**

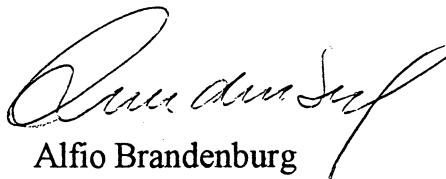


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora após realizarem a arguição da tese do doutorado apresentada pelo candidato **Rodolpho Humberto Ramina**, intitulada “Redes e Poder: O Processo de Metropolização e a Gestão dos Recursos Naturais”, deliberaram aprová-lo, com base nos seguintes conceitos: Professor Guillermo Foladori (A) Professor Francisco de Assis Mendonça (A) Professor Luiz Merico (A) Professor Peter B. Evans (A) Professor Fábio Ramos(A). Resulta desta avaliação que o candidato é aprovado com o conceito (A) e assim completando todos os requisitos necessários para receber o grau e o diploma de Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano.

Curitiba, 18 de dezembro de 2000.



Alfio Brandenburg
Coordenador do MAD

**Dedico este trabalho ao amigo e mestre
Bill Bavinger
que, no curto período entre os primeiros contatos
até a sua prematura morte ainda inexplicada,
tanto me mostrou sobre ciência, tecnologia e controle.
Que este trabalho seja ao mesmo tempo um reconhecimento do
alcance de suas idéias e uma tardia homenagem, que nenhum de seus
amigos e colegas lhe puderam prestar.**

AGRADECIMENTOS

Seria impossível referenciar aqui todas as pessoas que auxiliaram na realização deste trabalho e que sem dúvida merecem os meus agradecimentos. Corro o risco de deixar muitos nomes de fora, por falta de espaço ou de memória, e não quero ser injusto. Assim, antes de listar todos os nomes, prefiro agradecer a todos os professores, orientadores e mentores que tive ao longo desta jornada, que não foram poucos. Em especial, gostaria demonstrar minha gratidão ao Prof. Peter Evans, da Universidade de Berkeley, Califórnia, que não só desempenhou um papel importantíssimo como mentor e apoiador de minhas idéias, como também se dispôs a analisar e criticar esta tese, participando da banca examinadora à distância com presença virtual pela Internet, numa atitude inovadora do Curso de Doutorado. Agradeço também aos meus alunos, e peço que relevem todas as provocações e exigências: elas tinham um motivo justificável.

Como todo trabalho de pesquisa, o acesso a informações é fundamental; por sorte pude sempre contar com a colaboração de competentes colegas nas diversas instituições que recolhem e compilam os imensos bancos de dados que aqui foram utilizados. A esses profissionais, o meu agradecimento.

O inestimável auxílio com esta máquina infernal e maravilhosa e com seus meandros insondáveis, assim como as profundas e intermináveis discussões a respeito de tudo foram também fundamentais para dar forma ao que foi produzido e veio à luz. Agradeço por essa ajuda a todos os meus irmãos: um, de sangue e de aventuras pela vida (Guto), e outros, de caminhada pela jornada do doutorado (Gastão, Emílio, Tânia, Sônia, Moacir, Miguel, Rinaldo, Paulinho, Karen, Pucci, Cristina, Nelson e Patrícia).

Por último, é necessário reconhecer o papel da Universidade Federal do Paraná, e em especial dos membros do Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, que, mesmo com todas as dificuldades contemporâneas que assolam as instituições públicas de ensino superior, conseguiram implantar e manter uma iniciativa inovadora que hoje se vê consolidada. Agradeço a todos os membros dessa equipe nas pessoas do Prof. Dr. Francisco Mendonça e do Prof. Dr. Guillermo Foladori.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1-1
1.1 ANTECEDENTES	1-1
1.2 O SURGIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	1-4
1.3 FLUXOS E REDES.....	1-7
1.4 HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	1-8
1.5 NOTAS INTRODUTÓRIAS	1-11
2 A ABORDAGEM SISTÊMICA	2-1
2.1 INTRODUÇÃO	2-1
2.2 SISTEMAS: ESTRUTURA E PROCESSO	2-1
2.3 RAÍZES DA TEORIA SISTÊMICA	2-4
2.4 DESENVOLVIMENTOS DO PENSAMENTO SISTÊMICO	2-6
2.4.1 Limites ao Crescimento	2-6
2.4.2 Ecossistemas e a "Analogia Organísmica".....	2-8
2.4.3 A Cibernética, a "Visão Global" e o "Paroquialismo".....	2-10
2.5 SISTEMA, DOMÍNIO DIMENSIONAL E PRINCÍPIO CONSTRUTIVO.....	2-12
2.6 ORDEM HIERÁRQUICA ESCALAR.....	2-14
3 RELAÇÕES DE ESCALA NOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS	3-1
3.1 O QUE É ESCALA?.....	3-1
3.2 RELAÇÕES TÉCNICAS DE ESCALA	3-2
3.2.1 Limites Tecnológicos de Escala	3-2
3.2.2 Economias e Deseconomias de Escala	3-4
3.3 RELAÇÕES SOCIAIS DE ESCALA.....	3-6
3.3.1 Relações Tecnológicas e Sociais.....	3-6
3.3.2 Crescimento Hierárquico dos Sistemas de Controle	3-8
3.3.3 Sistemas Hierárquicos	3-9
3.3.4 A Racionalidade Sistêmica Global e as Irracionalidades Locais	3-13
4 A RUPTURA DE LIMITES E A EXPANSÃO CENTRALIZADA DAS REDES	4-1
4.1 OS LIMITES "NATURAIS" DOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS	4-1
4.2 AS REDES E A RUPTURA DOS LIMITES	4-2
4.2.1 Conexidade: o Princípio Estrutural das Redes	4-2
4.2.2 Complexidade Estrutural das Redes.....	4-4
4.2.3 Complexidade e Controle – Contradições Sistêmicas.....	4-7
4.2.4 O Controle Sobre os Fluxos.....	4-9
4.3 A REGIÃO METROPOLIZADA.....	4-11
4.3.1 Redes: Instrumentos de Controle Regional.....	4-11
4.3.2 O Espaço de Fluxos e a Região Metropolizada.....	4-13
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	5-1
5.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E O PROBLEMA METODOLÓGICO	5-1
5.2 CONCENTRAÇÃO E CENTRALIZAÇÃO	5-2
5.3 PADRÕES DE CENTRALIDADE EM REDES: ANÁLISE DE GRAFOS	5-4
5.4 PADRÕES DE CONCENTRAÇÃO: GRÁFICOS DE DISPERSÃO	5-6

6	AS REDES DE RECURSOS NATURAIS DA RMC.....	6-1
6.1	O SURGIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	6-1
6.2	O PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO DE CURITIBA: MOVIMENTO EM MUITAS ESCALAS	6-4
6.3	A CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO DE RECURSOS PELA INDÚSTRIA	6-7
6.3.1	Concentrações Industriais.....	6-7
6.3.2	Recursos Hídricos	6-9
6.3.3	Recursos Energéticos	6-10
6.4	O SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS NA RMC.....	6-16
6.4.1	Recursos Hídricos – Centralidades e Expansão.....	6-16
6.4.2	PROSAM – A Racionalidade Global da Gestão Ambiental e a Regionalização do Espaço	6-20
6.4.3	O Sistema de Recursos Hídricos na RMC.....	6-23
6.4.4	A Racionalidade Industrial Metropolitana e as Irracionalidades Locais em Colombo.....	6-26
6.5	RECURSOS ENERGÉTICOS NA RMC – O SISTEMA ELÉTRICO.....	6-29
6.5.1	O Sistema Elétrico Nacional: da Revolução de 1964 ao Final do Século XX...	6-29
6.5.2	Energia Hidrelétrica: A Exploração do Potencial Paranaense.....	6-32
6.5.3	Controle sobre os Ciclos Naturais	6-35
6.5.4	Racionalidades do Sistema Interligado e Irracionalidades do Subdesenvolvimento Localizado	6-36
6.5.5	Escala e Regionalização.....	6-40
6.6	O SISTEMA DO GÁS – CENTRALIDADES INTERNACIONAIS E RISCOS LOCAIS.	6-44
6.6.1	A PETROBRAS e o oleoduto da Refinaria de Araucária	6-44
6.6.2	A História do Gás Natural na RMC	6-45
6.6.3	Racionalidades Globais e Irracionalidades Locais: a Epopéia do Gasoduto de Campo Largo	6-48
6.7	AS REDES NA RMC – ANÁLISE DOS GRAFOS.....	6-57
6.7.1	Sistema de Recursos Hídricos	6-57
6.7.2	Sistema de Eletricidade - COPEL.....	6-60
6.7.3	O Sistema do Gás.....	6-65
7	ANÁLISE E CONCLUSÕES	7-1
7.1	O PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO	7-1
7.2	O ESPAÇO DE FLUXOS: UMA ABORDAGEM REVELADORA	7-2
7.3	O PODER DAS REDES.....	7-4
7.3.1	O Papel das Redes no Processo de Metropolização.....	7-4
7.3.2	Análise Estrutural	7-6
7.4	RACIONALIDADES GLOBAIS E IRRACIONALIDADES LOCAIS	7-8
7.5	A NOVA RUPTURA	7-9
7.6	HÁ LIMITES?.....	7-11
7.6.1	Dizendo Adeus a Malthus	7-11
7.6.2	O Limite das Irracionalidades.....	7-13
7.6.3	Revisitando Bertalanffy	7-15
7.7	RECOMENDAÇÕES: EM BUSCA DE ALTERNATIVAS.....	7-17

REFERÊNCIAS

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 - GRAFOS ORIENTADOS E NÃO ORIENTADOS.....	4-4
FIGURA 4.2 - GRAFO FORTEMENTE CONECTADO MOSTRANDO DIVERSOS CICLOS.....	4-6
FIGURA 4.3 - ÁRVORES OU ARBORESCÊNCIAS	4-8
FIGURA 5.1 - CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NO SETOR INDUSTRIAL EM CURITIBA – 1995.....	5-3
FIGURA 5.2 - EXEMPLO DE GRÁFICO DE DISPERSÃO	5-7
FIGURA 6.1 - CONSUMO SETORIAL DE RECURSOS ENERGÉTICOS NO PARANÁ - 1998	6-11
FIGURA 6.2 - CONSUMO ENERGÉTICO POR REGIÃO NO PARANÁ - 1998.....	6-11
FIGURA 6.3 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NA RMC ENTRE 1960 E 1998	6-13
FIGURA 6.4 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO MÚLTIPLA ENTRE O CONSUMO DE ELETRICIDADE PARA DIVERSAS CLASSES DE CONSUMO NAS MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS DO PARANÁ - 1998.....	6-15
FIGURA 6.5 - EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ESGOTOS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA RMC 1987-1996.....	6-20
FIGURA 6.6 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA RMC ABASTECIDOS PELA SANEPAR – 1996	6-25
FIGURA 6.7 - COMPARAÇÃO ENTRE PROJEÇÕES DE DEMANDA E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NOS MANANCIAIS SUPERFICIAIS DA RMC.....	6-27
FIGURA 6.8 - DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO DO PARANÁ (1950-1998).....	6-33
FIGURA 6.9 - BALANÇO DE ELETRICIDADE NO ESTADO DO PARANÁ 1988-1998.....	6-33
FIGURA 6.10 -VAZÃO DIÁRIA NO RIO IGUAÇU E DEMANDA MÁXIMA DIÁRIA NO SISTEMA COPEL EM 1998	6-35
FIGURA 6.11 -BALANÇO DE ENERGIA NO PARANÁ 1998.....	6-39
FIGURA 6.12 -GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (1997)	6-41
FIGURA 6.13 -CONCENTRAÇÃO REGIONAL DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NO PARANÁ - 1998	6-43
FIGURA 6.14 -GRAFO DO SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS.....	6-58
FIGURA 6.15 -GRAFOS TÍPICOS DOS SISTEMAS ISOLADOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMC.....	6-59
FIGURA 6.16 -GRAFO DO SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA	6-60
FIGURA 6.17 -SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE ELETRICIDADE NO PARANÁ (REDE BÁSICA) 1998	6-62
FIGURA 6.18 -GRAFO DA REDE DE SUBTRANSMISSÃO DA COPEL EM 13,8 KV – 1998 ..	6-63
FIGURA 6.19 -COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO E GERAÇÃO REGIONAIS DE ENERGIA ELÉTRICA NAS MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS DO PARANÁ - 1998	6-64
FIGURA 6.20 -GRAFO DO SISTEMA DE GÁS.....	6-65
FIGURA 6.21 -GRAFO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS CANALIZADO NA RMC.....	6-67

LISTA DE QUADROS

QUADRO 6.1 - DADOS SOBRE O SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL (1998)	6-29
QUADRO 6.2 - EMPRESAS ANEXADAS PELA COPEL NO PARANÁ	6-30
QUADRO 6.3 - NOTÍCIAS DE INFORMES JORNALÍSTICOS SOBRE ACIDENTES COM GASODUTOS E GAS NATURAL 1998-1999.....	6-54
QUADRO 6.4 - SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMC - 1992	6-58

LISTA DE TABELAS

TABELA 6.1 - ÁREA, POPULAÇÃO, DENSIDADES POPULACIONAIS E TAXAS MÉDIAS ANUAIS DE CRESCIMENTO DOS MUNICÍPIOS DA RMC 1970-1996	6-3
TABELA 6.2 - UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS POR SETORES INDUSTRIAIS NA RMC - 1995 (%).....	6-8
TABELA 6.3 - UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS PELO SETOR INDUSTRIAL NOS MUNICÍPIOS DA RMC - 1995.....	6-8
TABELA 6.4 - SIMULAÇÃO DA EMISSÃO DE POLUENTES PELAS INDÚSTRIAS DE CAMPO LARGO EM 1997.....	6-50
TABELA 6.5 - ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES COM REDES DE TRANSMISSÃO E DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NOS ESTADOS UNIDOS 1986-1998....	6-55
TABELA 6.6 - ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES COM GASODUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NOS ESTADOS UNIDOS POR CAUSA EM 1998	6-55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BADEP -----	Banco de Desenvolvimento do Paraná
BIRD -----	Banco Interamericano para Reconstrução e Desenvolvimento
BNH -----	Banco Nacional de Habitação
CANAMBRA-----	Consórcio Canadense-Brasileiro de Empresas de Engenharia
CAPMA-----	Centro de Apoio às Promotorias de Meio Ambiente
CEEE -----	Companhia Estadual de Energia Elétrica (RS)
CEMIG -----	Centrais Elétricas de Minas Gerais
CESP -----	Companhia Energética de São Paulo
CHESF -----	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CIC -----	Cidade Industrial de Curitiba (hoje Companhia de Desenvolvimento de Curitiba)
COCEL -----	Companhia Campolarguense de Energia
CODEPAR-----	Companhia de Desenvolvimento do Paraná
CODESUL-----	Comitê de Desenvolvimento do Extremo Sul (PR, SC e RS)
COMEC -----	Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
COMPAGAS -----	Companhia Paranaense de Gás (subsidiária da COPEL)
CONAMA-----	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPEL -----	Companhia Paranaense de Energia
DOT -----	<i>Department of Transportation</i> (Governo americano)
EIA/RIMA-----	Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental
ELETROBRAS ----	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETRONORTE --	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.
ELETROSUL -----	Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A.
FURNAS -----	Furnas Centrais Elétricas S.A.
GASBOL -----	Gasoduto Bolívia-Brasil
GCOI-----	Grupo Coordenador da Operação Interligada do Sistema Elétrico Nacional
GECIP-----	Grupo Específico de Intercâmbio, Consultoria e Pesquisa (SANEPAR)
GKNT -----	Comitê Soviético para Ciência e Tecnologia
GLP-----	gás liquefeito do petróleo
GLX-----	gás liquefeito do xisto
GWh -----	Gigawatts-hora (energia)
hab/km ² -----	habitantes por quilômetro quadrado (densidade populacional)
IAP -----	Instituto Ambiental do Paraná (Governo do Estado do Paraná)
IBGE -----	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Gov. federal)
ICM-----	Imposto sobre circulação de mercadorias
IPARDES-----	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
JICA -----	<i>Japan International Cooperation Agency</i>
Km -----	Quilômetro
Km ² -----	Quilômetro quadrado (área)
KV -----	Kilovolts
l/s -----	litros por segundo
m ³ -----	metros cúbicos
MAB -----	Programa <i>Man and Biosphere</i> , da ONU
MEACAM-----	Movimento Ecológico Amigos do Cambuí (Campo Largo, PR)
MW-----	Megawatts (potência)
MWh -----	Megawatts-hora (energia)
ONU-----	Organização das Nações Unidas
PDA -----	Plano Diretor de Águas (SANEPAR)

PETROBRAS-----	Petróleo Brasileiro S.A.
PIB -----	Produto Interno Bruto
PLANASA -----	Plano Nacional de Saneamento
PND -----	Plano Nacional de Desenvolvimento
PROSAM -----	Programa de Saneamento Ambiental (Governo do Paraná)
REPAR -----	Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Araucária, PR)
RMC -----	Região Metropolitana de Curitiba
SANEPAR -----	Companhia Paranaense de Saneamento
SEDU-----	Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano (Governo do Paraná)
SUDERHSA -----	Superintendência de Recursos Hídricos (Gov. do Paraná)
tEP -----	Toneladas Equivalentes de Petróleo
TGS -----	Teoria Geral de Sistemas
UNDP -----	<i>United Nations Development Program</i>
UNILIVRE -----	Universidade Livre do Meio Ambiente, Curitiba, Paraná
US\$-----	dólares americanos
YPFB -----	<i>Yacimientos Petroliferos Fiscales Bolivianos</i>

RESUMO

Esta tese contempla o processo de metropolização através de observações sobre um tipo especial de estrutura comum aos sistemas de captação, transporte e de distribuição de recursos naturais que acompanham esse processo. Chamadas modernamente de "redes de infra-estrutura", a sua existência está relacionada com o surgimento e o crescimento dos assentamentos humanos em todas as sociedades, desde os seus primórdios, mas nas metrópoles industriais modernas elas se tornam elemento essencial. Pretende-se demonstrar ao longo desta tese que as redes de infra-estrutura não só estão intimamente associadas à forma das metrópoles industriais, mas são elas mesmas, cada vez mais, as estruturas dos sistemas tecnológicos e organizacionais que deflagram e viabilizam o processo de metropolização.

A hipótese central é que, por possuírem características estruturais peculiares, as redes dos sistemas de gestão de recursos naturais, como energia e água, apresentariam um princípio construtivo único e atípico que surgiria da relação dialética entre o crescimento das concentrações humanas e seus "limites naturais", resultando numa forma/estrutura que seria passível de observação empírica, e que poderia ter seu desenvolvimento explicado a partir de um corpo teórico conhecido como a Teoria Geral dos Sistemas.

O que se pretende demonstrar com este trabalho é que, visto sob a ótica dos fluxos de recursos naturais necessários para a sua constituição e desenvolvimento atrelado à industrialização, a metropolização não deriva de uma continuidade natural do processo de urbanização, mas surgiria de uma descontinuidade nesse processo. Tal ruptura seria percebida na aceleração sem precedentes do crescimento e da concentração de fluxos de recursos naturais nessas regiões, e que tem destaque no caso da Região Metropolitana de Curitiba a partir da década de 70. No entanto, suas origens estariam associadas a centralizações importantes ocorridas nos sistemas de recursos hídricos e energéticos em outras escalas, além da regional, que ocorreram nessa mesma época e que teriam expressão geográfica nos arranjos estruturais específicos das redes lançadas por esses sistemas.

Vistas sob o aspecto do acesso aos recursos naturais necessários para o desenvolvimento de uma sociedade, as questões aqui levantadas passam a ser associadas a discussões acadêmicas e políticas que fazem referência ao "imperialismo regional" de James O'Connor, ao "globalitarismo" de Milton Santos, ao "regionalismo" de Paulo Roberto Haddad, ao "neo-medievalismo" de Jessica M. Turrows e, mais recentemente, ao "localismo" de Colin Hines e do Greenpeace. Do ponto de vista metodológico, este trabalho pretende demonstrar a utilidade da aplicação de algumas técnicas gráficas inovadoras, derivadas da estatística e da teoria dos grafos, para a inspeção dos padrões de centralidade e de concentração de fluxos nas estruturas dos sistemas de recursos naturais. Essas novas técnicas, condensadas na inspeção dos "grafos de centralidade" e "gráficos de dispersão", possibilitam a visão dos sistemas de forma sintética em uma gama de escalas de difícil observação quando se utilizam processos estatísticos convencionais.

Palavras-chave: metropolização; redes de infraestrutura; recursos hídricos; recursos energéticos; sistemas de gestão; hierarquias; poder; Teoria Geral de Sistemas; Teoria dos Grafos; estruturas; escalas; espaço de fluxos.

ABSTRACT

This thesis focuses on the metropolization process through observations on a special kind of structure common to collection, transportation and distribution of natural resources systems that are connected to the metropolization process. Known as "infrastructure networks", their existence is related with the dawn and growth of human settlements in all societies through history, but for the modern industrial metropolis they become an essential element. This thesis aims to demonstrate that the infrastructure networks are not only intimately associated with the shape of the industrial metropoleis, but they are themselves, more and more, the very structures of technological and organizational systems responsible for starting and supporting the metropolization process.

The central hypothesis is that, for their peculiar structural characteristics, the natural resources management systems networks, like public/private water and energy networks, could present a single and a-historic construction principle emerged from the dialectic relation between the growth of human concentrations and their "natural limits", resulting in a shape/structure prone to empirical observation and that could have its development explained departing from a theoretical body known as the General Systems Theory.

This work is an effort directed to demonstrate that, focusing the flows of natural resources necessary to metropoleis constitution and development attached to industrialization, the metropolization process does not follow naturally from the urbanization process, but emerges as a discontinuity in this process. Such a singularity would be perceived as contrasting historic acceleration in growth and concentration of natural resources flows in metropolitan areas, with a highlight, in Brazil, in the Curitiba Metropolitan Region since the 70s. The process's origins, however, are associated with important centralization in other scales of the natural resources management systems, far from the regional scale, but with a geographical expression in the specific structural arrangements in those systems' networks.

From the point of view of a society's access to the necessary natural resources for its development, the questions here raised can be related to academic and political discussion regarding the "regional imperialism" of James O'Connor, the "globalitarism" of Milton Santos, the "regionalism" of Paulo Roberto Haddad, the "neo-medievalism" of Jessica M. Turrows and, more recently, the "localism" of Colin Hines and the Greenpeace. From the methodological viewpoint, the present work demonstrates the utility of some innovative graphical techniques, derived from statistics theory and graph theory, for the inspection of centrality and concentration of flows in the natural resources management systems. Those techniques, condensed in "centrality graphs" and "scatter graphs", enable a synthesis view of systems in a wide array of scales, something usually difficult for conventional statistical methods.

Keywords: metropolization; infrastructure networks; water resources; energy resources; management systems; hierarchies; power; General Systems Theory; Graph Theory; structures; scales; space of flows.

1 INTRODUÇÃO

1.1 ANTECEDENTES

A sociedade industrial contemporânea se destaca pelo número de seres humanos vivos e por fluxos de energia e materiais sem precedentes na história, fatores que impuseram uma transformação do ambiente em escala planetária. Embora não haja indícios de que até algo em torno de 300 anos atrás a população humana no planeta jamais tenha atingido 1 bilhão de indivíduos, nesse período crescemos para perto de 6 bilhões.¹ Tal aceleração exponencial veio acompanhada de uma modificação fundamental na paisagem do planeta, causada pelo homem: surgem grandes concentrações urbanas em todos os continentes, para onde se dirigem os grandes fluxos de recursos.

A explosão do crescimento populacional coincide com uma explosão na produção também sem precedentes, conhecida como a “Revolução Industrial” e que se caracterizou pela intensa utilização de fontes energéticas intensas e concentradas.² A descoberta de tecnologias de utilização dos imensos estoques energéticos contidos nos combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, e mais recentemente dos processos energéticos da fissão nuclear, cujos ciclos de reprodução natural são extremamente mais longos que o ciclo econômico do presente sistema industrial, permitiu que a forma de produção cíclica ligada aos fluxos de recursos naturais fosse superada. Tais tecnologias, derivadas de uma revolução científica positivista e mecanicista, produziram máquinas cada vez mais possantes e possibilitaram um padrão contínuo de crescimento cumulativo exponencial, e a partir daí uma idéia de “progresso” associada a um futuro idealizável e programável, também racional e intencionalmente planejado.

Nas sociedades pré-industriais a utilização dos recursos naturais estava ligada à sua imprevisibilidade e disponibilidade natural e, portanto, a ciclos naturais (diários, sazonais, anuais, plurianuais, etc.). Ao utilizar formas concentradas de energia, e consequentemente ao desenvolver sistemas para controlá-las, o homem pode romper com a dependência quase que exclusiva do seu processo de produção sobre os ritmos e fluxos naturais de recursos e de seus “motores” associados, como o vento, a lenha, os cursos d’água, a tração animal ou a mão de obra escrava, por exemplo. Tais formas mais concentradas de energia possibilitaram

¹ VESTER, F., *Ballungsgebiete in der Krise/Urban Systems in Crisis*, (Stuttgart: Deutsche Verlags - Anstalt, 1976) p. 83.

² CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. Paz e Terra, São Paulo, 1999, p. 50.

e também exigiram novos padrões de consumo crescente de outros recursos naturais essenciais para o desenvolvimento das sociedades humanas, como por exemplo os recursos hídricos, minerais e florestais.

No que diz respeito aos recursos energéticos, a utilização dos combustíveis fósseis e dos motores primeiro a vapor e depois a explosão permitiram essa ruptura. As fontes de carvão na Grã-Bretanha, França e Alemanha teriam sido suficientes para formar a base energética inicial necessária para a primeira revolução industrial, sendo que o petróleo passa a caracterizar os processos energéticos industriais desde final do Século XIX.

Os historiadores costumam chamar de Revolução Industrial a transformação que se procedeu, na Inglaterra, em meados do século XVIII, em consequência do uso, pela indústria, da máquina a vapor. A Revolução Comercial propiciara a expansão geográfica da influência européia pelos vários continentes e permitira a expansão do comércio, com a intensificação e crescimento da demanda de mercadorias. O uso da máquina desarticulava completamente as relações de trabalho feudais, já abaladas, e poria por terra a servidão e o sistema urbano das corporações. Propiciaria também o crescimento exponencial da produção fabril, a necessidade de intensificação da produção de matérias-primas e a ampliação do mercado consumidor. Este crescimento estimulou não só a ampliação do mercado interno dos países europeus como aguçou o apetite pela ampliação e melhor controle das colônias de além-mar.³

A escala que o sistema industrial logrou alcançar é impressionante: os fluxos industriais de nitrogênio e enxofre são hoje da mesma ordem de grandeza dos fluxos naturais, e para metais como o chumbo, cádmio, zinco, arsênico, mercúrio, níquel e vanádio, os fluxos industriais chegam a ser o dobro - no caso do chumbo, 18 vezes maior.⁴ A racionalidade mecanicista do progresso contínuo e da eficiência econômica que provocou a escala industrial de utilização de recursos naturais se manifestou concretamente em sistemas técnicos, organizacionais, administrativos e políticos com a finalidade específica do controle sobre esses recursos - apropriação, concentração, distribuição e utilização. Esses sistemas técnicos concentradores e controladores são característicos das regiões urbano-industriais contemporâneas.

Embora as cidades sempre tenham sido, historicamente, hóspedes das concentrações de poder que controlam fluxos econômicos, sociais, culturais e políticos, constituindo "centros de acumulação de riqueza e conhecimento",⁵ a partir da Revolução Industrial, entretanto, as grandes aglomerações urbanas surgem da concentração da manufatura, transformando-se mais tarde em importantes centros industriais.

³ ANDRADE, M. C de. Imperialismo e fragmentação do espaço. Contexto, São Paulo, 1997, p. 35.

⁴ TIBBS, H. Industrial ecology - an environmental agenda for industry, 2ª ed., Global Business Network, San Francisco, 1993, p. 28.

A indústria absorve os centros urbanos já importantes nos fins do século XVIII e durante o século XIX, predominantemente em alguns setores, como, por exemplo, os da indústria gráfica e de papel, ambas já desenvolvidas de forma artesanal nas grandes cidades comerciais. Contudo, houve, no mesmo período, uma tendência à localização industrial fora das cidades, principalmente em setores como o da metalurgia, cujo interesse era grande em estar próximo a fontes de energia (nesta época, principalmente, o carvão), meios de transporte (rios e depois estradas de ferro), de matérias-primas (por exemplo, minerais), sem prescindir de importantes reservas de força de trabalho que o artesanato camponês fornecia. Quando isto ocorreu, a indústria gerou a cidade.⁶

Ao que tudo indica, o sistema urbano-industrial apresenta um processo de desenvolvimento similar em diversas regiões industrializadas do planeta, visto pelos seus padrões de concentração e de controle, pela cidade, sobre os recursos naturais em áreas não urbanizadas (o "rural"), mesmo considerando que a industrialização se processou em datas e contextos diferentes. Na nação-estado capitalista as mais importantes aglomerações urbanas industriais tornam-se metrópoles econômicas além de regionais, ou seja, centros de sistemas sócio-econômicos hierarquizados espacialmente que articulam economias regionais, nacionais e internacionais. O processo de metropolização apresentaria, portanto, padrões de crescimento hierárquico, de centralização e de controle que estariam associados à própria estrutura do capitalismo industrial. Castells afirma que a produção espacial como manifestação do capitalismo avançado apresenta pelo menos três aspectos:⁷

- a) existência de grandes unidades de produção e consumo, cujo resultado concreto é o aumento das áreas metropolitanas e o aumento dos fluxos de recursos e de centros de decisão nessas áreas;
- b) ampliação da massa de assalariados, acompanhada de uma "diversificação de níveis de hierarquização no próprio interior da categoria social", que se reflete na diversificação espacial de densidade de infra-estruturas urbanas como água e energia, bem como nos fluxos de consumo de recursos naturais
- c) concentração de poder político e formação de uma tecnocracia apoiada na competência de especialistas, que no nível das cidades se traduz em planejamento urbano centralizado, no nível das regiões os sistemas de gestão territorial (regiões metropolitanas, bacias hidrográficas, etc.) e no nível nacional os setores encarregados das políticas de desenvolvimento (eletricidade, transportes, etc.)

⁵ ALVA, E. N. Metrópoles (in)sustentáveis. Relume/Dumará, Rio de Janeiro, 1997, p. 1.

⁶ SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e Urbanização. Contexto, São Paulo, 1997, p. 52.

⁷ CASTELLS, M. A questão urbana. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1983, p. 67.

1.2 O SURGIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

A região de Curitiba na década de 70 foi palco de um processo de desenvolvimento urbano e industrial que se sobressai na sua história e que se harmoniza com um processo mais geral de centralização das políticas de desenvolvimento nacionais coordenadas pelos governos militares a partir de 1964. Esse período testemunha o *boom* econômico brasileiro favorecido pelo sentidos de autoritarismo político, centralidade de decisões e de continuidade do sistema de governo, que dessa forma conquistou o apoio da comunidade financeira internacional e do empresariado nacional. Nasce também uma forte tecnoburocracia estatal que se estabelece principalmente nos níveis nacional e estadual, mas que especificamente na cidade de Curitiba consegue ascender ao poder e promover uma profunda transformação do espaço urbano. O ícone mais visível dessa transformação é o sistema de transporte, que se apoia em uma rede viária e uma organização espacial urbana com características inovadoras, projetadas para dar eficiência a este sistema, e informada por uma racionalidade técnica que consegue ser implantada num ambiente de baixa resistência política.

A população da região no início da década de 60 era estimada em 524.657 habitantes vivendo em 11 municípios, três dos quais com menos de 10 mil habitantes e sete entre 10 e 33 mil. Curitiba então já se destacava com seus 361.309 habitantes representando quase 70% do total regional, e uma taxa de urbanização de 97,22%.⁸ Na década de 70 a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) passa a apresentar a mais alta taxa de crescimento populacional quando comparada às outras regiões metropolitanas do país criadas em 1973, seja considerando apenas o município polo, seja tomando o conjunto de municípios da região. Este crescimento surpreendente tem sido associado ao esvaziamento das áreas rurais do estado do Paraná, desencadeado a partir da década de 70 com a modernização tecnológica da agricultura que induziu um padrão de crescimento urbano concentrado em centros de maior porte.⁹ Uma análise de agrupamento com os municípios com mais de 50 mil habitantes na área urbana revela que, em 1970, cinco municípios desta classe concentravam 41% da população urbana do Estado; em 1980 a classe já conta com

⁸ MOURA, R. e ULTRAMARI, C. (org.) Metrópole – grande Curitiba: teoria e prática. IPARDES, Curitiba, 1994; p. 6.

⁹ DIAS, M. L. M. S. Demandas sociais em Temas estratégicos para o Paraná. IPARDES, Curitiba, 1994; p. 64.

14 municípios que passam a concentrar 53% da população urbana. Em 1991 os números são respectivamente 22 e 61%.¹⁰

A mudança tecnológica na agricultura do Paraná, na década de 70, constituiu-se num rompimento com as escalas das tecnologias tradicionais de produção agrícola usadas até então, altamente utilizadoras de mão de obra, como a cultura do café e do algodão, por culturas mecanizadas, como o soja e o trigo. Esse rompimento do padrão tecnológico também teve profundas influências na organização social e fez com que o Estado, que havia se destacado nas décadas de 50 e 60 com um grande receptor dos contingentes populacionais de São Paulo e Minas Gerais, passasse a apresentar as menores taxas de crescimento populacional dentre todos os estados brasileiros nas décadas de 70 e 80, evidenciando o fato de que o Paraná na realidade perdeu população nessas décadas. Paradoxalmente, a RMC foi a região metropolitana brasileira que maior taxa de crescimento teve nesse período, acompanhando e até reforçando a forte tendência de urbanização, o que demonstra a magnitude da atração exercida pela nova escala de desenvolvimento que a região teve no contexto nacional.

A modernização da agricultura na década de 70 coincidiu com a instalação da CIC – Cidade Industrial de Curitiba, criada através da Lei 4.773/74, uma área ao sul do município de Curitiba planejada e estruturada para concentrar indústrias dentro de um padrão moderno de produção, contrastando com as indústrias tradicionais instaladas próximas ao centro da cidade, principalmente empresas familiares do setor alimentício ou extrativista (MATE LEÃO, FONTANA, e, como exceção, a BRAHMA). O esforço de fomento do governo do Paraná realizado através do BADEP – Banco de Desenvolvimento do Paraná, conseguiu atrair para fora dos tradicionais centros industrializados algumas empresas de porte internacional como a VOLVO, FURUKAWA e BOSCH, estabelecendo-as nessa nova área desimpedida de limites físicos e longe dos conflitos sindicais e sociais que já vinham incidindo no ABC paulista e no polo siderúrgico próximo a Belo Horizonte. No final da década de 80 o desenvolvimento industrial da RMC, principalmente da CIC, havia promovido uma forte concentração regional do valor adicionado da indústria da transformação no Paraná, com índices acima de 50%, para uma participação populacional da ordem de 19%.¹¹

Todos esses processos ocorridos na RMC a partir da década de 70 estavam ligados principalmente ao desenvolvimento do setor industrial e associados a movimentos mais amplos, originados em escala nacional e mesmo internacional, distantes portanto das

¹⁰ MAGALHÃES, M. V. A migração no Paraná nas últimas duas décadas: um balanço preliminar. Análise Conjuntural, IPARDES, Curitiba, v. 14 n. 11-12, nov/dez 1992, p. 7.

¹¹ CASTRO, D. Indústria em Temas estratégicos para o Paraná. IPARDES, Curitiba, 1994; p. 36.

dinâmicas internas da região. No que se refere às escalas regionais e locais, esse mesmo processo manifestou descoordenação e desuniformidade, provocando o surgimento de regiões isoladas e subdesenvolvidas em todo o país, e periferias deprimidas e excluídas em torno das grandes metrópoles. O mesmo padrão, na mesma época aproximadamente, foi observado em todas as metrópoles da América Latina.¹²

É interessante notar que o caos urbano também acompanhou a rápida industrialização nas metrópoles européias. A falta de condições sanitárias permitiu o alastramento de um surto de cólera pela Europa em 1830, e a falta d'água limpa tornou-se um problema comum tanto para a classe operária, que vivia em condições desumanas, como para a burguesia industrial. A década de 1840 foi marcada por uma série de sindicâncias sobre as condições de vida nas maiores cidades européias e pela aprovação de leis sanitárias. O declínio dos regimes liberais na França, Alemanha e Inglaterra, pondo fim à tese de não-intervenção do Estado, a partir de meados do século XIX, coincide com a implantação de redes de água e esgoto, gás, eletricidade e melhorias nos sistemas de transporte público.¹³

Na década de 70 ocorrem mudanças estruturais importantes nas relações sociais espaciais, como por exemplo no zoneamento das cidades; quase todos os municípios da RMC passaram por reformas profundas em suas legislações urbanas, com alterações dos perímetros urbanos e inclusão de uma população tida como rural até então. Este processo de ordenamento do território foi uma tentativa de controlar a expansão urbana acelerada, principalmente na periferia de Curitiba, e resolver problemas de conflito entre o crescimento diferenciado e a ocupação de áreas de mananciais, dentro de um "planejamento integrado e com visão de conjunto".¹⁴

Passados mais de 30 anos de planejamento urbano centralizado realizado pela administração de Curitiba, e um quarto de século a partir da criação da RMC e da COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, instituída pelo governo do estado para realizar ações de âmbito supra-municipal na região, as concentrações diferenciadas de recursos permanecem e mesmo se acentuam entre a cidade polo e sua periferia.

Embora os municípios [da RMC] tentem oferecer os serviços básicos, estão longe de conquistar sua auto-suficiência. A metrópole, por sua vez, especializa-se e diversifica-se em suas funções urbanas numa velocidade relativamente alta. Expõe e cria necessidades de consumo cujo acesso é altamente restritivo, mas que estreitam relações de dependência e

¹² ALVA, E. N. Op. Cit. p. 12.

¹³ SPOSITO M. E. B. Op. cit. p. 59.

¹⁴ COMEC. Informações gerais sobre a Região Metropolitana de Curitiba. janeiro, 1993 (Rev. Fev/93) p.

ampliam a faixa de polarização direta. Da atração intrínseca da metrópole, exercida pela oferta de empregos e serviços, e das deficiências observadas [nos outros municípios], resultam fluxos e determinam-se polarizações. Desse modo, as relações do pólo metropolitano com as demais cidades podem ser caracterizadas em dois níveis, conforme a intensidade dos fluxos. O primeiro nível, o do *continuum*, é de caráter imediato, com extrema intensidade e dependência, estabelecidas entre o centro da metrópole e suas áreas periféricas. O segundo nível caracteriza-se de cidades que funcionam como patamares intermediários em relação a Curitiba.¹⁵

1.3 FLUXOS E REDES

O crescimento populacional e a industrialização da RMC foram naturalmente acompanhados por um aumento no consumo de recursos naturais, principalmente energéticos e hídricos, com um conseqüente desenvolvimento dos sistemas de suprimento de energia e de água, e das infra-estruturas associadas a esses sistemas.

Mas ao contemplarmos os recursos hídricos e energéticos, essenciais para a manutenção e desenvolvimento de uma cidade, veremos que a quase totalidade da água consumida no setor industrial de Curitiba provém de fontes localizadas fora dos limites da cidade, se bem que ainda inclusas na RMC. Já as fontes de energia utilizadas na RMC são poucas, sendo que o único insumo energético natural de importância oriundo da região é a lenha. A eletricidade da usina Capivari-Cachoeira, cujo reservatório situa-se na RMC, é gerada no litoral, enquanto que a maior parte da energia elétrica consumida na região e no Estado vem de outras regiões, principalmente das grandes hidrelétricas do rio Iguaçu. Os combustíveis distribuídos pela refinaria Presidente Getúlio Vargas, em Araucária, são derivados do petróleo trazido desde as bacias de produção em águas profundas na costa brasileira ou do exterior, até a refinaria. E o gás natural, que passará a compor a matriz energética da RMC de forma significativa a partir do ano 2.000, será trazido desde as reservas situadas na Bolívia, situadas a mais de 3.000 km da RMC.

O fato de uma região urbana industrial consumir recursos que não dispõe localmente, longe de ser uma exceção, é o que caracteriza as metrópoles industriais modernas. Os fluxos crescentes de recursos naturais fundamentais para o processo de desenvolvimento industrial que ocorreu e segue ocorrendo na RMC, particularmente desde a década de 70, dependem de um tipo especial de estrutura para serem transportados: as redes. Todos esses insumos são trazidos através de redes, algumas mais simples e locais, como o sistema de abastecimento de água de Curitiba, outras mais complexas e extensas,

¹⁵ MOURA, R. e ULTRAMARI, C. (org.) op. cit. p. 75.

como o sistema de redes de transmissão e de distribuição de eletricidade, integrado no nível nacional, ou a rede de gasodutos que atravessarão o continente sul-americano trazendo o gás natural.

Mas o fato de existirem fluxos de recursos de alguns locais onde são abundantes para outros onde são consumidos implica diferenciações espaciais determinadas por esses fluxos, variações espaciais de concentração. Uma vez que o acesso e a utilização de recursos naturais são essenciais e fundamentais para o desenvolvimento de qualquer sociedade ou grupo, esses gradientes de fluxo passam a estar associados a espaços super-desenvolvidos, as metrópoles, para onde convergem os recursos, e espaços periféricos sub-desenvolvidos, de onde eles partem.*

Pode parecer uma tautologia afirmar que uma sociedade soberana é aquela que consegue ter domínio sobre a sua base de recursos, bem como uma utopia o desenvolvimento regional harmônico, mas as implicações econômicas, tecnológicas e políticas dessas afirmações estão longe de serem óbvias, triviais ou distantes. Elas se refletem na história dessas sociedades, no desenvolvimento dos seus sistemas tecnológicos e políticos e, o que aqui nos interessa, na forma e extensão das redes que lança para o domínio e controle sobre seus recursos naturais.

1.4 HIPÓTESES E OBJETIVOS

Formulada no contexto de um curso interdisciplinar de doutorado em meio ambiente e desenvolvimento, esta tese contempla o processo de metropolização através de observações sobre um tipo especial de estrutura comum aos sistemas de captação, transporte e de distribuição de recursos naturais que acompanham esse processo. Chamadas modernamente de "redes de infra-estrutura", a sua existência está relacionada com o surgimento e o crescimento dos assentamentos humanos em todas as sociedades, desde os seus primórdios, mas nas metrópoles industriais modernas elas se tornam elemento essencial.

Pretende-se demonstrar ao longo desta tese que as redes de infra-estrutura não só estão intimamente associadas à forma das metrópoles industriais, mas são elas mesmas, cada vez mais, as estruturas dos sistemas tecnológicos e organizacionais que deflagram e

* Utilizamos esses conceitos de super- e de sub-desenvolvimento de forma relativa, ou seja, a relação entre a base de recursos naturais existente e o volume de recursos naturais efetivamente utilizado em cada uma dessas áreas.

viabilizam o processo de metropolização. Este processo, visível em muitas escalas, é descontínuo, fragmentado, contraditório, histórico, e inexoravelmente dependente dos sistemas e estruturas “artificiais” de captação, acumulação, transporte e distribuição de recursos essenciais para o seu desenvolvimento.

A hipótese central é que, por possuírem características estruturais peculiares, as redes dos sistemas de gestão de recursos naturais, como energia e água, apresentariam um princípio construtivo único e aistórico. Tal princípio surgiria da relação dialética entre o crescimento das concentrações humanas e seu “limites naturais”, resultando numa forma/estrutura que seria passível de observação empírica, e que poderia ter seu desenvolvimento explicado a partir de um corpo teórico conhecido como a Teoria Geral dos Sistemas.

O processo de metropolização, como é definido correntemente, parte de um processo intenso de urbanização que desembocaria no “surgimento dos Centros Metropolitanos, agrupando municípios vizinhos polarizados por uma ou mais cidades grandes”, uma região metropolitana, que se caracterizaria pela ocorrência simultânea dos seguintes fatores:¹⁶

- a) continuidade da malha urbana por mais de um município;
- b) concentração populacional superior a 1 milhão de habitantes;
- c) grande extensão de área ocupada;
- d) alta densidade urbana (acima de 200 hab/km²);
- e) relação de dependência mútua entre os municípios, ou no mínimo, a dependência relativa de toda a região a um município-pólo.

O que se pretende demonstrar com este trabalho é que, visto sob a ótica dos fluxos de recursos naturais necessários para a sua constituição e desenvolvimento atrelado à industrialização, a metropolização não deriva de uma continuidade natural do processo de urbanização, mas surgiria de uma descontinuidade nesse processo. Tal ruptura seria percebida na aceleração sem precedentes do crescimento e da concentração de fluxos de recursos naturais nessas regiões, e que tem destaque no caso da Região Metropolitana de Curitiba a partir da década de 70. No entanto, suas origens estariam associadas a centralizações importantes ocorridas nos sistemas de recursos hídricos e energéticos em outras escalas, além da regional, que ocorreram nessa mesma época e que teriam expressão

¹⁶ COMEC. op. cit. p. 9.

geográfica nos arranjos estruturais específicos das redes lançadas por esses sistemas.

Com base na hipótese central desta tese, pretende-se demonstrar que, sob a ótica dos fluxos de recursos naturais, o processo de metropolização se revela mais abrangente do que a "região metropolitana" convencional, ocorrendo em outras escalas além da urbana e regional, chegando mesmo a escalas internacionais. Ao mesmo tempo, o crescimento e a concentração típicas do processo de metropolização refletiriam centralizações anteriores, cuja expressão mais evidente é o surgimento de centros em torno do qual recursos, como energia e água, fluem em maior densidade que em outras.

Neste processo, na medida em que a escala dos sistemas de recursos naturais crescem, surgem redes que se adensam e se superpõem nas áreas de alta atividade econômica e de altas concentrações de consumo de recursos na "cidade-mãe", e que se estendem além dos limites do espaço físico ocupado pela concentração urbana desta, redefinindo os limites da região de influência da metrópole. Essas redes são hierarquizadas, ou seja, se caracterizam como estruturas de sistemas centralizados física e administrativamente, cujo desenvolvimento poderia ser explicado por um princípio fundamental de dependência. A partir de observações empíricas sobre a evolução dos sistemas de água e de energia na Região Metropolitana de Curitiba durante o seu período tardio de industrialização, poder-se-iam estabelecer relações entre essa forma/estrutura e o domínio e controle de alguns grupos sociais sobre os recursos de outros.

Utilizando esta "teoria de redes" a ser aqui desenvolvida, pretende-se demonstrar também que, na medida em que os sistemas de gestão de recursos naturais crescem em escalas espaciais e temporais e passam a representar racionalidades "globais", metropolitanas, as suas ações passam a resultar em conflitos com racionalidades locais, gerando o que aqui se define como "irracionalidades locais", soluções irracionais quando observadas na sua escala "local" de relação com o meio físico e sócio-econômico onde se inserem.

Um outro aspecto sobre o qual este trabalho pretende lançar algumas luzes se refere à questão dos "limites" ao desenvolvimento urbano. Na medida em que os recursos naturais de uma região vão se esgotando, seria natural pensar que a cidade parasse de crescer, atingisse um certo equilíbrio com o meio e limitasse o seu consumo aos recursos que teria disponível, dentro de uma racionalidade de "equilíbrio ecológico". Nesse sentido, aparentemente, a questão dos recursos seria limitante porque estes estariam condicionando o desenvolvimento da cidade à sua disponibilidade na região, ou ao seu ritmo natural de reposição. O desenvolvimento das cidades e o surgimento das metrópoles está caracterizado

por um processo de apropriação de recursos em áreas cada vez maiores e mais distantes. Haveria algum tipo de limite a esse processo de desenvolvimento urbano industrial, imposto por condições naturais ou por determinações de sua própria estrutura? Em outras palavras, até que ponto pode esse sistema crescer, dado que as dimensões espaciais e temporais dos recursos naturais são finitas?

Vistas sob o aspecto do acesso aos recursos naturais necessários para o desenvolvimento de uma sociedade, as questões aqui levantadas passam a ser associadas a discussões acadêmicas e políticas que fazem referência ao "imperialismo regional" de James O'Connor, ao "globalitarismo" de Milton Santos, ao "regionalismo" de Paulo Roberto Haddad, ao "neo-medievalismo" de Jessica M. Turrows e, mais recentemente, ao "localismo" de Colin Hines e do Greenpeace. Do ponto de vista metodológico, este trabalho pretende demonstrar a utilidade da aplicação de algumas técnicas gráficas inovadoras, derivadas da estatística e da teoria dos grafos, para a inspeção dos padrões de centralidade e de concentração de fluxos nas estruturas dos sistemas de recursos naturais. Essas novas técnicas, condensadas na inspeção dos "grafos de centralidade" e "gráficos de dispersão", possibilitam a visão dos sistemas de forma sintética em uma gama de escalas de difícil observação quando se utilizam processos estatísticos convencionais.

Finalmente, a partir das análises e conclusões deste trabalho, traçaremos prospectivamente caminhos possíveis no desenvolvimento dessas redes de recursos naturais, arriscando certas previsões a respeito do seu comportamento no início do novo século, e serão feitas recomendações para pesquisas e estudos mais aprofundados sobre aspectos que este trabalho identifica como de importância significativa.

1.5 NOTAS INTRODUTÓRIAS

Este documento inclui as recomendações feitas na ocasião da defesa da tese, em dezembro de 2000. Em relação à versão original apresentada para a banca examinadora foram poucas as modificações, concentrando-se principalmente em aspectos formais, correções gramaticais e referências bibliográficas. As críticas e sugestões ao tema foram incorporadas buscando dar maior clareza ao texto, sem no entanto alterar a linha básica de raciocínio do autor. Onde relevante, os comentários e críticas formuladas pela banca são apresentados em notas de rodapé, comentadas.

2 A ABORDAGEM SISTÊMICA

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo estabelecer um arcabouço conceitual e teórico robusto o suficiente para entender as relações entre o processo de metropolização e as estruturas dos sistemas tecnológicos de recursos naturais que o viabilizam. Pretendemos demonstrar que as redes podem ser vistas enquanto estruturas especiais que conferem certas particularidades aos sistemas de recursos naturais que abastecem as metrópoles e que estão intimamente associadas à constituição do processo de metropolização.

Pretende-se aqui desenvolver uma abordagem interdisciplinar. Sob essa perspectiva, o contexto das relações materiais (físicas) deverá ser relacionado ao contexto das relações sociais (humanas) em que o processo de metropolização se dá, o que exigirá que articulemos conceitos de diversas áreas, na busca de um método que permita interfaces entre elas.

Tal abordagem complexa e múltipla, interdisciplinar, será desenvolvida utilizando a Teoria dos Sistemas, proposta no ocidente por Ludwig von Bertalanffy e uma de suas ramificações, a Teoria dos Grafos, em um diálogo com a Teoria da Estruturação, proposta pelo sociólogo Anthony Giddens e com a geografia crítica de Milton Santos. O objetivo deste trabalho, entretanto, não é de aprofundar cada teoria individualmente, ou de mapear as críticas de uma sobre a outra na tentativa de se chegar a uma síntese, embora venhamos a nos deter sobre algumas delas, mas, como foi dito, estabelecer um diálogo entre elas com o objetivo de utilizá-las como instrumentos para a compreensão de uma realidade complexa.

2.2 SISTEMAS: ESTRUTURA E PROCESSO

As redes foram acima apresentadas como estruturas que possuiriam algumas particularidades. Longe de ser um conceito simples e geralmente aceito, “estrutura” é algo mais abstrato do que comumente se entende por tal, um conceito muito vasto relacionado com fenômenos de organização, onde quer que eles surjam, o que pode ser observado pela profusão de seus significados mais comuns:

- ordenamento de constituintes individuais, em cuja base há sempre um princípio de organização;
- disposição e ordem das partes de um todo;
- maneira segundo a qual um edifício, um organismo ou outro todo completo é construído;
- arcabouço das partes essenciais de alguma coisa.

No termo "estrutura", a noção de ordem é fundamental, bem como a de constructo, objeto ou todo construído. O inventor e construtor Buckminster Fuller, definia em 1953 a matemática como "a ciência da estrutura e do esquema em geral", e conceituava uma estrutura em termos de modelo - ou padrão - caracterizado por uma frequência natural e regido, pelo menos em nosso universo conhecido, por critérios energéticos como configurações mínimas, menor esforço, e outros. Na biologia, o termo "estrutura" se refere à constituição anatômica ou histológica (disposição dos tecidos vivos). No mundo físico existe uma estrutura aonde haja matéria, seja natural ou artificial: um micróbio, um elefante, um rio ou uma torre de transmissão são todos sistemas que organizam a matéria de forma a manter a sua integridade formal e funcional contra as forças da natureza e do tempo.¹

O físico Fritjof Capra entende "estrutura" como algo capaz de ser medido ou "pesado", enquanto que chama de "padrão" o arranjo de relações entre elementos de um sistema, mais associados à sua "forma", ou aspecto visível:

A idéia de um padrão de organização – uma configuração de relações característica de um sistema particular – tornou-se o foco explícito do pensamento sistêmico em cibernética, e tem sido uma concepção de importância fundamental desde essa época (...) Devo argumentar que a chave para uma teoria abrangente dos sistemas vivos está na síntese [entre] o estudo da substância (ou estrutura) e o estudo da forma (ou padrão). No estudo da estrutura, medimos ou pesamos as coisas. Os padrões, no entanto, não podem ser medidos nem pesados; eles devem ser mapeados. Para entender um padrão, temos que mapear uma configuração de relações.²

Podemos ver as redes enquanto objetos geográficos, e no contexto da geografia o conceito de estrutura está relacionado aos conceitos de forma e de função, sendo difícil e até mesmo equivocada a análise de somente um desses aspectos, ou mesmo da combinação

¹ BROECK, F. V. e MUÑOZ, A. Las estructuras en la naturaleza y en la técnica: conocimientos cualitativos de las estructuras. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México, mimeo. 1986, p.1.

² CAPRA, F. A teia da vida. Cultrix, São Paulo, 1977, p. 76.

de apenas dois deles, ao se analisar uma totalidade.³ O conceito de totalidade é uma construção válida no exame da complexidade de fatores a serem examinados na análise do contexto espacial, sendo que história pode ser considerada uma totalidade em movimento.

O geógrafo Milton Santos, em uma análise de totalidades no espaço geográfico, ou do espaço concreto, fala de uma “estrutura espaço-temporal”, que por sua vez implica a “inter-relação de todas as partes de um todo; o modo de organização ou construção”. Indo adiante, Milton Santos afirma ainda que “os conceitos de forma, função e estrutura podem ser usados como categorias primárias na compreensão da atual organização espacial” e que “podem ser individualmente enunciados como o foco da organização espacial”, mas ressalta que para compreendermos o espaço social em qualquer tempo, é fundamental tomar em conjunto essas categorias, como se tratasse de um conceito único. Para Milton Santos, é difícil separar as categorias de forma, estrutura e função quando o objeto é uma totalidade social. Forma e função estariam profundamente intrincados, a última sendo a atividade elementar de que a primeira se reveste, mas uma forma poderia também abranger mais de uma função. A forma poderia ainda expressar uma estrutura revelada.⁴

No domínio das ciências sociais há autores que associam os conceitos de rede e estrutura. Radcliffe-Brown se referia a estrutura social como sendo “uma rede de relações que existem efetivamente”.⁵ A análise de redes sociais se foca sobre o descobrimento de padrões na interação entre pessoas ou grupos, e que esses padrões são características importantes das vidas dos indivíduos que os manifestam. Essa teoria coloca também que a maneira como um indivíduo vive depende, em grande parte, em como esse indivíduo está relacionado em uma rede maior de conexões sociais. Ainda, que o sucesso ou fracasso de sociedades e organizações frequentemente dependeria do tipo de padrão apresentado por sua estrutura interna de relações. Conforme é descrito por por Roger Brown:

A estrutura social se torna visível em um formigueiro; os movimentos e contatos que alguém observa não são aleatórios, mas apresentam um padrão. Deveríamos ser capazes de observar estruturas (padrões) na vida de uma comunidade na América se estivéssemos em um ponto de vista suficientemente remoto, de onde as pessoas aparentariam ser pequenos pontos que se movem (...) Seríamos capazes então de ver que esses pontos não se aproximariam ao acaso uns dos outros, mas que alguns estariam usualmente juntos, outros se encontrariam com frequência, e outros nunca (...) Se alguém pudesse se situar distante o suficiente, a vida humana pareceria puro padrão.⁶

³ SANTOS, M. Espaço e método. Nobel, São Paulo, 1985, p. 49-57.

⁴ Id.

⁵ BARNES, J. A. Networks and political process in Social networks in urban situations; editor J. Clyde Mitchell, Manchester University Press, Manchester, 1969, (trad. Cláudio Novaes Pinto Coelho), p. 164.

⁶ UNIVERSITY OF CALIFORNIA – Social Sciences Department. <http://eclectic.ss.uci.edu/~lin/lin.html>, acessado em 1997.

Neste trabalho nos interessa examinar as relações entre a estrutura dos sistemas tecnológicos de recursos naturais e os arranjos sociais que essa estrutura implica. Dentre as teorias sociais que exploraram essas relações talvez a que mais diretamente se refira ao presente contexto venha a ser a “Teoria da Estruturação”, proposta por Anthony Giddens. Segundo ele, estrutura é o “conjunto de regras e recursos, recursivamente implicados na reprodução de sistemas sociais”, e que imporiam “limites à gama de opções que um ator, ou pluralidade de atores, tem acesso em uma dada circunstância ou tipo de circunstância”.

Os recursos, por sua vez, poderiam ser classificados como alocativos e autoritários: recursos alocativos são recursos materiais envolvidos na geração de poder, incluindo o ambiente natural e os artefatos físicos; eles derivam do domínio humano sobre a natureza. Recursos autoritários são recursos não-materiais envolvidos na geração de poder, derivando da capacidade de tirar proveito das atividades de seres humanos; eles resultam do domínio de alguns atores sobre outros. A estrutura, propriamente dita, existiria somente como traços de memória, a base orgânica da cognoscitividade humana, e como exemplificada na ação, sendo sempre “concebida como uma propriedade dos sistemas sociais, ‘contida’ em práticas reproduzidas e inseridas no tempo e no espaço”.⁷

2.3 RAÍZES DA TEORIA SISTÊMICA

Vemos então que o conceito de estrutura, segundo diversas abordagens disciplinares, implica a noção de totalidade e a existência de elementos de alguma forma organizados em torno de funções. Embora a forma e a estrutura das redes estejam associadas ao processo de metropolização, este não pode ser reduzido a uma estrutura somente. As redes têm por função a manutenção de fluxos que dão às redes seu caráter dinâmico e funcional – recursos fluem pelas redes para realizar algo. Para tanto precisaremos adentrar, a partir deste ponto, em uma teoria mais abrangente, que tenha se proposto a incluir todos esses conceitos e articulá-los: a Teoria dos Sistemas.

Embora tenha sido divulgada no ocidente somente a partir dos trabalhos de Ludwig von Bertalanffy em meados do século XX, as raízes da “Teoria Geral dos Sistemas” (TGS), como ficou conhecida, remetem à última metade do século XIX com o trabalho de Ernst Mach (1838 – 1916), austríaco, professor de Física na Universidade de Praga e de filosofia

na Universidade de Viena. Mach, após um início clássico em física experimental, a partir de 1883 passa a criticar os princípios da mecânica de Galilei e Newton, substituindo o conceito de causalidade pelo de dependência funcional. Começando a duvidar da objetividade de nossas percepções sensoriais, expôs em 1886 uma filosofia céptica depois ampliada para uma epistemologia idealista.

O empírico-criticismo cientificista de Mach informou o "Círculo de Viena" (Schlick, Wittgenstein, Carnap), lançando as bases do neopositivismo, bem como o trabalho do filósofo russo Aleksandr Aleksandrovitch Bogdanov (1873 – 1928). Bogdanov deu à sua teoria o nome de "tectologia" (do grego, *tekton* = construtor), que pode ser traduzida como "ciência das estruturas", cujo principal objetivo seria o de esclarecer e generalizar os princípios de todas as estruturas vivas e não-vivas, na busca de uma ciência universal da organização.

Em meados do século XX Ludwig von Bertalanffy (? – 1972) explicita uma tentativa de fundar uma "Teoria Geral dos Sistemas", descrita no livro homônimo. Bertalanffy tem sido considerado o precursor da TGS no ocidente e a partir de seus trabalhos, desenvolvidos dentro de uma abordagem predominantemente biológica, o pensamento sistêmico passou a ser difundido também para outras áreas.

A perspectiva de Bertalanffy na tentativa de fundar uma Teoria Geral de Sistemas era a de uma "unidade de concepção do mundo unificada" que se constituiria de um campo lógico-matemático cuja tarefa seria a da formulação e a derivação dos princípios gerais aplicáveis aos sistemas em geral, numa visão interdisciplinar. Esse esforço tornaria possível "a exata formulação dos termos totalidade e soma, diferenciação, mecanização progressiva, centralização, ordem hierárquica, finalidade e equifinalidade, etc., termos que aparecem em todas as ciências que tratam com 'sistemas' e implicam sua homologia lógica".⁸

Bertalanffy, por outro lado, reconhecia que a abordagem sistêmica em algumas áreas da ciência, como a sociologia, era insatisfatória, mas que a "simples compreensão de que as entidades sociais são sistemas e não somas de átomos sociais, ou de que a história consiste em sistemas (embora mal definidos) chamados civilizações, que obedecem aos princípios gerais dos sistemas" implicaria a reorientação desses campos.⁹ Bertalanffy atribuiu a muitos nomes ilustres avanços e abordagens que poderiam ser consideradas sistêmicas,

⁷ GIDDENS, A. A constituição da sociedade. Martins Fontes, (1ª. ed. Bras.) São Paulo, 1989, p.138-139.

⁸ BERTALLANFY, L. von. Teoria geral dos sistemas. Vozes, Petrópolis, 1975 (ed. Bras., 1968 ed. orig)

embora sem ter sido empregado o termo “sistema”, inclusive a dialética de Marx e Hegel. O pensamento sistêmico floresceu tão vigorosamente durante a segunda metade do Século XX, que já no final da década de 80 houve quem propusesse que a dialética poderia ser vista como uma “sofisticação” de uma visão sistêmica simples.¹⁰

Como corpo teórico único a TGS jamais logrou se constituir, ao menos na dimensão imaginada por seus criadores, embora os avanços e *insights* que daí se originaram tenham provocado profundas modificações no pensamento científico e nas aplicações tecnológicas atuais. Não são poucos os cientistas que têm caracterizado as sociedades e principalmente os grandes aglomerados metropolitanos como “sistemas complexos”. Ilya Prigogine, Prêmio Nobel de Química de 1977, afirma que “a sociedade é um sistema complexo, não-linear, em que as soluções não são nem deterministas nem randômicas”.¹¹ Já de uma outra perspectiva Miguel Ruano, ao discutir o papel dos arquitetos e planejadores urbanos no mundo contemporâneo, diz que as “áreas urbanas são sistemas complexos em que muitos fatores influenciam no resultado global”.¹² O antropólogo Anthony Giddens, na sua Teoria da Estruturação, afirma que “todas as sociedades são sistemas sociais e, ao mesmo tempo, constituídas pela interseção de múltiplos sistemas sociais”.¹³ E o geógrafo Milton Santos recentemente afirmou que “nosso mundo é complexo e confuso ao mesmo tempo, graças à força com a qual a ideologia [se insere] nos objetos e ações. Por isso mesmo, a era da globalização, mais do que qualquer outra antes dela, exige uma interpretação sistêmica cuidadosa, de modo a permitir que cada coisa seja redefinida em relação ao todo planetário”.¹⁴

2.4 DESENVOLVIMENTOS DO PENSAMENTO SISTÊMICO

2.4.1 Limites ao Crescimento

Bertalanffy pretendia uma formalização lógica da teoria, portanto utilizou modelos

¹⁰ PEPPER, D. Eco-socialism: from deep ecology to social justice. Oxford University Press, 1992, p. 195.

¹¹ GRECO, A. transcrição de entrevista telefônica. Gazeta Mercantil. caderno “Leitura de Fim de Semana”, São Paulo; 12, 13 e 14 de junho de 1998, p. 1.

¹² RUANO, M. Ecourbanismo – entornos humanos sostenibles: 60 proyectos. Gustavo Gili, Barcelona, 1999; p. 24

¹³ GIDDENS, A. Op. cit. p. 134.

¹⁴ SANTOS M. O recomeço da história. Folha de São Paulo, Caderno Mais, 9 de janeiro de 2000, p. 10.

matemáticos gerais que representavam comportamentos observáveis em diversos fenômenos empíricos que podiam ser expressos por um sistema de equações diferenciais. No que diz respeito aos fenômenos que nos interessam no presente trabalho, por exemplo, os modelos matemáticos de crescimento exponencial, ou lei do "crescimento natural", poderiam ser aplicados tanto à biologia, no caso de crescimento individual irrestrito de certas bactérias, animais e populações vegetais, como nas ciências sociais, onde esse modelo já havia sido anteriormente utilizado por Thomas Robert Malthus (1766-1834) para representar populações humanas cuja taxa de nascimentos é mais alta que a de mortalidade. Há outros exemplos de modelos formais genéricos com aplicações a diversas áreas do conhecimento que foram utilizados por Bertalanffy, como a curva logística, que descreveria o crescimento de populações humanas com recursos limitados, a equação alométrica, que se aplicaria às transformações bioquímicas dos organismos e às funções fisiológicas, bem como à distribuição da renda em uma nação, sendo neste caso conhecida como a "lei de Pareto".

Bertalanffy também se ocupou de fatores limitantes ao crescimento das organizações humanas e de padrões comuns em organizações. Citando o trabalho de Boulding (*The Organizational Revolution*), chamava a atenção para algumas aplicações da TGS às sociedades humanas e que poderiam ser chamadas de "Leis de Ferro" válidas para qualquer organização, como o princípio da população de Malthus, segundo o qual o aumento da população seria em geral maior do que o dos recursos disponíveis. Outra seria a lei do tamanho ótimo das organizações, segundo a qual quanto maior é o tamanho de uma organização maior é o caminho das comunicações dentro dela e esse fato, dependendo da natureza da organização, atuaria como fator limitante ao crescimento, implicando um certo "tamanho crítico". Já a importante "lei dos oligopólios" declarava que

(...) se existem organizações em competição, a instabilidade de suas relações e por conseguinte o perigo de atritos e conflitos aumenta com a diminuição do número dessas organizações. Assim, enquanto forem relativamente pequenas e numerosas, embaralham-se em alguma forma de coexistência. Mas se restarem apenas poucas ou se sobrar um par em competição, conforme acontece com os colossais blocos políticos de hoje em dia, os conflitos tornam-se devastadores, chegando ao ponto de mútua destruição.¹⁵

¹⁵ BERTALANFFY, L. von. Op. cit. p. 74-75.

2.4.2 Ecossistemas e a "Analogia Organísmica"

Os trabalhos de Bertalanffy influenciaram também a ecologia, desenvolvendo o conceito de ecossistema. É certo que este termo já havia sido empregado primeiramente pelo ecologista britânico A. G. Tansley, e também que desde a mais remota história escrita já se acham alusões à unidade dos organismos com o ambiente, mas a formalização que permitiu o desenvolvimento de métodos quantitativos nasce com os avanços da TGS, e, segundo Eugene P. Odum, a partir de 1968 passaria a influenciar um movimento mundial.¹⁶

A origem e o sucesso da abordagem sistêmica nas ciências biológicas deflagrou também algumas extrapolações para outras áreas. Há ecologistas que afirmam ser a civilização "apenas uma das extraordinárias proliferações naturais que dependem do influxo constante da energia concentrada", sendo que uma das formas que mais caracteriza a nossa civilização são as grandes cidades, que hoje só podem ser mantidas graças a uma maciça utilização de energia não renovável, principalmente derivada do petróleo.¹⁷ Esse tipo de raciocínio, que ficou conhecido como a "analogia orgânica", associa a dinâmica das cidades modernas e das aglomerações urbanas à dinâmica característica dos organismos e dos ecossistemas.

A extrapolação dos conceitos da TGS para as ciências sociais gerou grandes controvérsias. A esse respeito, Giddens coloca que

(...) a expressão "sistema social" não deve ser entendida como designando somente feixes de relações sociais cujas fronteiras estão assinaladas com clareza, separando-os de outros. O grau de "sistemicidade" é muito variável. "Sistema social" tendia a ser uma expressão favorita dos funcionalistas, que raramente abandonaram por completo as analogias orgânicas, e dos "teóricos do sistema", que tinham em mente ou sistemas físicos ou, uma vez mais, alguns tipos de formação biológica.¹⁸

Amenizando as críticas, alguns cientistas deixaram claro que populações e comunidades não são superorganismos, mas que poderiam apresentar propriedades análogas¹⁹ e Bertalanffy, rebatendo críticas dos historiadores quanto à "analogia orgânica", coloca que

¹⁶ ODUM, E. P. Ecologia. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988 p. 2.

¹⁷ ODUM, E. P. *Ibid.* p. 55.

¹⁸ GIDDENS, A. *Op. cit.* p. 135.

¹⁹ ODUM, E. P. *Ibid.* p. 55.

O fato das simples leis do crescimento aplicarem-se a entidades sociais do tipo das companhias manufatureiras, à urbanização, à divisão do trabalho, etc. demonstra que a este respeito a "analogia organísmica" é correta. A despeito dos protestos dos historiadores, a aplicação dos modelos teóricos, em particular o modelo dos sistemas dinâmicos, abertos e adaptivos (...) aos processos históricos certamente tem fundamento. Isto não implica em "biologismo", isto é, redução dos conceitos sociais a conceitos biológicos, mas indica que os princípios dos sistemas se aplicam a ambos esses campos.²⁰

O Programa MAB – *Man and Biosphere* da UNESCO constituiu o primeiro programa internacional de envergadura que abordou as cidades como "ecossistemas" e a urbanização como processo, cuja análise envolveria as cidades e o seu território, levando a conceitos e metodologias que enfocavam características como a de consumo de recursos, transformação de materiais e de energia, criação de novos produtos e geração de resíduos. A ênfase dada para a ecologia como "bioecologia", levando à adoção do conceito de sistema em projetos de pesquisa iniciou em 1973 e derivou noções paralelas à de "clímax" ecológico, ou de equilíbrio e estacionaridade no desenvolvimento das aglomerações urbanas.²¹

Gradualmente, entretanto, foi ficando claro que a abordagem bioecológica não estava capacitada a apreender todas as variáveis envolvidas no planejamento e gestão de assentamentos humanos. De fato, os sistemas urbanos são bióticos e abióticos que se desenvolvem em reposta à intervenção humana; são sistemas abertos em relação às fronteiras próprias, bem como em relação a outros sistemas urbanos ao seu redor, mas também são componentes de uma estrutura global em que ações nos níveis local, regional e internacional estão entrelaçadas. Dessa forma, a definição de um estado de equilíbrio para as aglomerações urbanas resultava sem muito sentido. A partir da reunião promovida pela UNESCO/UNDP em colaboração com o Comitê Soviético para Ciência e Tecnologia (GKNT), realizada em 1984 em Suzdal, Rússia, e com os dados alarmantes publicados pelo Relatório Bruntland, em 1988, as diretrizes dos projetos MAB-11 foram revisadas, seguindo daí uma orientação mais próxima dos conceitos de desenvolvimento sustentável.²²

²⁰ BERTLANFFY, L. von. Op. cit. p. 164.

²¹ UNESCO. Qualification of human resources, teaching and research for the planning and management of the urban environment – final report on the technical meeting. Universidade Livre do Meio Ambiente, Curitiba, 1994.

²² Id.

2.4.3 A Cibernética, a “Visão Global” e o “Paroquialismo”

Um outro ramo do pensamento sistêmico, a cibernética* – a teoria do controle – teve uma história de sucesso mais retumbante do que a ecossistêmica, principalmente por sua utilização em aplicações militares e estratégicas, e posteriormente industriais. A cibernética é uma teoria dos sistemas de controle baseada na comunicação (transferência de informação) entre o sistema e o meio, e do controle das funções do sistema com respeito ao ambiente. A cibernética gozou de amplo sucesso principalmente por suas aplicações tecnológicas militares, como nos radares e em armamentos auto-controlados (mísseis), ou no desenvolvimento de sistemas automatizados para a indústria, na substituição do trabalho humano em situações de risco ou passíveis de mecanização (robôs). Um conceito básico da cibernética é o de “retro-alimentação” (*feedback*), segundo o qual organismos e sistemas artificiais podem atingir objetivos previamente especificados ou “se adaptar ao meio” através de uma interação dupla na qual o organismo afeta o ambiente e o ambiente afeta o organismo.²³

O desenvolvimento do arcabouço conceitual da cibernética tem como marco de início as conferências realizadas em Nova Iorque patrocinadas pela fundação Josiah P. Macy, realizadas desde o inverno de 1944 até 1946, onde surgiram como figuras orientadoras do pensamento cibernético John von Newmann e Norbert Wiener.²⁴ Wiener exerceu uma forte influência sobre as áreas da biologia e das ciências sociais através de outros pensadores presentes no encontro como Gregory Bateson e Margaret Mead. Von Newmann permaneceu como consultor militar ao longo de toda a sua carreira, especializando-se na aplicação de computadores a sistemas de armamentos.²⁵

Durante a década de 50 a cibernética foi fomentada pela guerra fria e tendo como *show room* as conquistas espaciais norte-americanas e soviéticas. A partir da década de 60 os desenvolvimentos teóricos e metodológicos alcançados nesses setores, impulsionados pelo sucesso de projetos altamente complexos e ambiciosos como o desenvolvimento do sistema de armamentos nucleares e de mísseis balísticos, ampliaram a aplicação dos

* *Kyber*, do grego, significa “timoneiro”, “piloto”, aquele que controla o rumo da embarcação.

²³ ASHBY, W. R. *Design for a brain – the origin of adaptive behaviour*. Chapman & Hall, London, 1966 (1ª. ed. 1954) p. 37.

²⁴ GARDNER H. *The mind's new science – a history of the cognitive revolution*.; Basic Books, New York 1985; p. 24.

²⁵ CAPRA, F. Op. cit. p. 58.

conceitos da cibernética para toda a estrutura organizacional estatal dos Estados Unidos. Isto se deveu principalmente ao fato de que o Departamento de Defesa ser na época, como ainda o é, o maior cliente individual do complexo industrial americano, o que fazia com que, ao contrário do mercado de consumo civil, a magnitude e a escala do complexo industrial militar fossem determinadas e determinantes do planejamento governamental.²⁶ A partir de meados da década de 60, nos governos de John F. Kennedy e de Lyndon B. Johnson, as idéias de "segurança nacional" e de "planejamento estratégico", derivadas das ideologias e dos conceitos cibernéticos militares, passam a fazer parte da política doméstica e externa americana.

O planejamento estratégico desenvolveu-se em aplicações complexas, onde milhares de atividades e centenas de equipes de trabalho deveriam operar coordenadamente para alcançar um objetivo comum. Isso deu origem a abordagens altamente hierarquizadas de problemas, separados em sub-problemas, onde a visão "sistêmica" se referia a contemplar o todo, ou seja, a manter a racionalidade do todo. Dentre os "vícios" a serem combatidos para que se estabelecesse uma cultura de planejamento estratégico, segundo a visão da escola de planejamento estratégico americana derivada da cibernética militar, situa-se um com destaque: o paroquialismo.

Uma cultura de planejamento – um credo aceito e demonstrado na eficácia do planejamento estratégico – é um elemento crítico para o sucesso do planejamento estratégico organizacional. Tal cultura é definida aqui em termos da resposta organizacional geral apropriada a sintomas comumente encontrados que servem para inibir o planejamento efetivo. Paroquialismo – tanto organizacional como disciplinar – é um desses sintomas. Formas organizacionais tradicionais que focam o controle e a eficiência no curto prazo, ao invés de inovações e criatividade que são tão críticas para a sobrevivência a longo prazo, são tanto sintomas de estrangulamentos no planejamento organizacional básico como [fatores] que reforçam o paroquialismo.²⁷

Essa visão moderna de um planejamento centralizado em sistemas "globais" e hierarquizado em sub-sistemas, com objetivos de longo prazo e uma repulsa a considerações locais foi transmitida, via programas de ajuda internacional, de transferência de tecnologia e de formação de técnicos, aos países em desenvolvimento na área de influência americana. Essa influência teve muitos impactos decisivos sobre a estrutura política e técnica brasileira, principalmente a partir da revolução de 1964. No setor elétrico nacional, que representou

²⁶ CLELAND, D. I. e KING, W. R. System analysis and project management. McGraw - Hill Kogakusha © 1968 2ª ed. Tokio, 1975, p. 211.

²⁷ Ibid. p. 177.

uma das mais bem-sucedidas aplicações dos conceitos cibernéticos e tecnológicos americanos, a racionalidade do controle centralizado e da repulsa a sistemas isolados informou as suas diretrizes de planejamento:

O primeiro relatório da CANAMBRA (preliminar) foi concluído em dezembro de 1963 e o segundo em 1966, com as diretrizes do planejamento de longo prazo. Abandonavam-se projetos isolados de usinas para a dotar uma proposta de programa integrado. Os relatórios foram posteriormente aprovados pelo governo federal, já nas administrações dos presidentes Castelo Branco e Costa e Silva. Mas, antes que a conclusão desses relatórios e a respectiva aprovação ocorressem, seguia em paralelo a controvérsia nacionalista.²⁸

2.5 SISTEMA, DOMÍNIO DIMENSIONAL E PRINCÍPIO CONSTRUTIVO

Entre as definições de "sistema" dadas pelo Novo Dicionário Aurélio encontramos as seguintes:

- a) conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação;
- b) disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si e que funcionam como estrutura organizada;
- c) da Biologia: coordenação hierarquizada dos seres vivos em um esquema lógico e metódico, segundo o princípio de subordinação dos caracteres;
- d) um produto da inteligência humana derivado da necessidade de compreender a natureza o mais próximo possível da realidade.

De acordo com as formulações originais de Bertalanffy, "um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação".²⁹ Esses elementos e interações constituiriam não só uma totalidade espacial, mas também temporal, cujo comportamento geral não poderia ser dedutível da soma dos comportamentos de suas partes pelo fato de as interações entre as partes serem importantes na determinação do comportamento delas, e também pelo fato dessas interações produzirem continuamente mudanças no sistema, no tempo e no espaço – processos. Essas totalidades, tal qual organismos, apresentariam padrões observáveis de comportamento, como crescimento, competição, mecanização,

²⁸ LEITE, A. D. A energia do Brasil. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997, p. 131.

hierarquização, aprendizagem e outras.

A partir da década de 40 o pensamento filosófico sobre a questão sistêmica evoluiu aceleradamente. Angyal introduziu a noção de domínio dimensional no arcabouço teórico de sistemas, a partir da demonstração de que a estrutura das totalidades (*wholes*) não poderia ser descrita somente em termos de relações entre seus elementos: enquanto que nas agregações a significância reside no fato de que as partes são somadas, num sistema é significativo o fato de que as partes sejam arranjadas. Um sistema seria, então, uma distribuição (um conjunto de relações) de membros num domínio dimensional.³⁰

Ao estabelecermos uma relação entre objetos e ao arranjar objetos num sistema, a separação desses objetos é pressuposta, e a multiplicidade de objetos só é possível em algum tipo de domínio dimensional. O espaço e o tempo são dois dos exemplos mais claros de domínios dimensionais e tem sido reconhecidos pelos filósofos como *principia individuationis*, ou seja, domínios que tornam possível a multiplicidade de objetos individuais. O domínio dimensional é intimamente envolvido na formação dos sistemas, uma vez que ele não só permite a separação das partes, mas também participa na formação do sistema – o sistema é dimensional. Sendo assim, o domínio é o todo, e as partes só podem ser entendidas em relação com esse todo, ou a partir da organização desse todo.³¹

Totalidades nunca são indiferenciadas mas sempre constituem um *unitas multiplex*.³² Isso quer dizer duas coisas: em primeiro lugar, se um sistema é uma maneira de arranjar as partes, ou componentes, de uma totalidade, a necessidade lógica da existência de uma multiplicidade é evidente, uma vez que um objeto único não pode ser arranjado. Em segundo lugar, a formulação lógica de um determinado sistema é a explicitação do seu princípio construtivo, ou princípio sistêmico da totalidade em consideração, o que a torna uma unidade. Todo sistema possuiria um e somente um princípio construtivo, muito embora esse princípio possa ser perfeitamente ou apenas aproximadamente percebido na dada totalidade.

Sistemas, por outro lado, são abstrações, ou maneiras organizadas de se entender a realidade, e a questão de onde começa ou termina um sistema é sempre objeto de discussão ou de recorte arbitrário. De certa forma, assim como a beleza, um sistema reside nos olhos

²⁹ BERTLANFFY, L. von. Op. cit. p. 84.

³⁰ ANGYAL, A. Precedents to systems theory in EMERY, F. E. (org.) Systems thinking. Penguin Books, 1941, p.20.

³¹ CAPRA, F. Op. cit. p. 41.

do observador. Podemos definir um sistema em um número infinito de maneiras de acordo com nossos interesses e propósitos, uma vez que podemos observar e comprovar diferentes conjuntos de relações no mundo que nos cerca.³³ O que institui, portanto, um sistema, é uma racionalidade, ou em termos mais apropriados, o domínio dimensional de um sistema é produto de uma racionalização sobre um conjunto de objetos e sobre as relações entre eles, entendendo-os enquanto objetos separados, interrelacionados e arranjados segundo essa racionalização.

2.6 ORDEM HIERÁRQUICA ESCALAR

Como vimos acima, o conceito de estrutura implica, de alguma forma, um padrão de organização ou de ordem em uma totalidade, em diversos contextos – físico, geográfico e social. Vimos também que, dentro da teoria sistêmica, cada sistema possui um e somente um princípio estrutural, ou seja, o princípio dominante que define o padrão de integração entre os elementos desse sistema, ou o seu padrão de organização. Na TGS de Bertalanffy o princípio estrutural ou sistêmico que ocupou um papel central foi o de ordem hierárquica, que associado à visão biológica, permitia que os conceitos de “estrutura” e “função” pudessem ser vistos como a mesma coisa:

Vemos agora o universo como uma tremenda hierarquia, das partículas elementares aos núcleos atômicos, aos átomos, às moléculas, aos compostos de elevado números de moléculas, até a riqueza de estruturas (reveladas pelos microscópios luminosos, eletrônicos) entre moléculas e células (...), às células, organismos e, para além desses, as organizações supra-individuais. (...) Uma hierarquia deste tipo encontra-se tanto nas “estruturas” como nas “funções”. Em última instância, estrutura (isto é, ordem das partes) e função (ordem dos processos) podem ser a mesma coisa. No mundo físico a matéria se dissolve em um jogo de energias e no mundo biológico as estruturas são a expressão de um fluxo de processos.³⁴

Bertalanffy, partindo de uma formação biológica, certamente tomou como princípio construtivo e organizador dos sistemas vivos a criação, manutenção e reprodução da vida em si. Parecera-lhe, portanto, natural, interpretar que tal racionalização, derivada da existência da vida e das observações sobre os sistemas biológicos com seus níveis

³² ANGYAL, A. Op. cit. p. 26.

³³ CHADWICK, G. A systems view of planning - towards a theory of the urban and regional planning process, Pergamon Press, London, 1974 (1st ed. 1971); p. 42.

hierárquicos de complexidade, pudesse ser aplicável a outros sistemas. A teoria hierárquica, ou de níveis de organização, teve um impacto profundo no desenvolvimento da ecologia e forneceu um arcabouço conveniente para subdividir e tratar de situações complexas ou gradientes extensos, como o “espectro biológico” (genes, células, órgãos, organismos, populações, comunidades, etc.).³⁵

Sistemas biológicos naturais, ou ecossistemas, possuiriam então, por definição, um princípio de organização que é a manutenção da vida e a sua reprodução. Questões como a dos níveis hierárquicos e da integração sistêmica são normalmente tratados observando a cadeia alimentar, em que os níveis de resolução do sistema são associados a “níveis tróficos” desses sistemas. Estudos ecológicos clássicos costumam utilizar modelos dos ecossistemas observados formados a partir dos fluxos de energia neles contidos, e essa tendência se estende para sistemas humanos complexos, como as cidades. Eugene P. Odum, por exemplo, apresenta a cidade, especialmente as regiões metropolitanas industrializadas, como um exemplo de um ecossistema heterotrófico, dependente de grandes áreas externas a ele para a obtenção de alimentos, energia, materiais, etc., caracterizando-a também como um parasita do ambiente rural.³⁶

A noção de hierarquia escalar de Bertalanffy é útil, porém não é precisa. A utilidade do conceito reside no fato de podermos avaliar, mesmo de forma simplificada, a complexidade de alguns sistemas em termos de sua estrutura hierárquica, ou seja, pelo número de níveis hierárquicos da organização desses sistemas. Porém, nos sistemas naturais e nos sociais, complexos por excelência, o problema reside justamente na integração entre os diversos níveis escalares ou organizacionais, onde a totalidade, que resulta da composição e da interação das partes, retroage sobre elas, o que desafia a noção de hierarquia. Uma vez que fenômenos complexos são aparentemente irreduzíveis a algo mais simples do que eles mesmos, isso traz uma grande dificuldade metodológica para a abordagem sistêmica que procura descobrir, por detrás da complexidade dos fenômenos, o princípio – simples – que os gera.³⁷ Mesmo assim, a importância que a noção de níveis hierárquicos teve nos desenvolvimentos de sistemas tecnológicos foi grande, através da subdivisão de sistemas complexos em unidades menores, e nas suas aplicações sociais, com o desenvolvimento de sistemas gerencias hierárquicos de grande escala, com nos grandes monopólios estatais e

³⁴ BERTALANFFY, L. von. Op. cit. p. 49.

³⁵ ODUM, E. P. Op. cit. p. 3.

³⁶ Id.

³⁷ PESSIS-PASTERNAK, G. Do caos à inteligência artificial. entrevista com Jean-Pierre Dupuy, UNESP,

nas empresas transnacionais.

A crítica de Giddens sobre a "analogia organísmica" e a variabilidade do grau de "sistemicidade" apresentado por sistemas sociais, discutida acima, poderia ser interpretada como a dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de se reconhecer princípios construtivos únicos nas sociedades. Estas apresentariam um cruzamento de diversos princípios construtivos, ou "sistemas inter-sociais", que dificilmente poderiam ser reduzidos a apenas um.

Na realidade, o que está implícito no conceito de "estrutura hierárquica" em Bertalanffy é o que se entende por "nível de resolução" de um sistema, o grau de detalhe com que o conseguimos reproduzir ou representar, e que é erroneamente confundido com o conceito de "escala". Podemos utilizar a seguinte analogia para esclarecer o conceito: uma mesa, por exemplo, é um sistema de moléculas, de muitos elementos com relações muito complexas entre eles. Num nível de resolução menor, a mesa é um sistema estrutural com diversos elementos, como pernas, tampo, objetos que ela tem que suportar. Se reduzirmos novamente o nível de resolução podemos ver a mesa como parte de outro sistema, por exemplo o sistema de objetos arquitetônicos de uma sala, ou de uma casa, e assim por diante.

No que diz respeito aos sistemas sociais, a questão da integração sistêmica entre escalas, ou seja, os processos de reciprocidade e de retroação entre indivíduos, grupos e coletividades de forma a caracterizá-los como um sistema com algum padrão de organização, é um tema complexo e ainda em permanente debate. Giddens identifica princípios estruturais com a questão da integração sistêmica e social, e os define como princípios de organização de totalidades sociais, fatores envolvidos no alinhamento institucional global de uma sociedade ou tipo de sociedade, e poderiam ser entendidos como "os princípios de organização que permitem formas reconhecidamente consistentes de distanciamento tempo-espaco com base em mecanismos definidos de integração social". O princípio estrutural dominante de uma sociedade dividida em classes se encontraria "ao longo de um eixo que correlaciona as áreas urbanas com seus *hinterlands* rurais", enquanto que o princípio estrutural distintivo das sociedades de classes do capitalismo moderno, "o primeiro tipo genuinamente global de organização social em toda a História", seria encontrado na "separação das instituições estatais e econômicas, ainda que estas se

mantenham interligadas”.³⁸

Se consideramos o sistema capitalista como uma totalidade social, como uma padronização de relações sociais ao longo do tempo-espço entendidas como práticas reproduzidas, e as metrópoles industriais como a expressão espacial desse sistema, então a racionalidade da metropolização capitalista – o crescimento e a concentração dos fluxos – seria o seu princípio de organização, que se refletiria nas estruturas que constrói para a sua reprodução e no modo em que se apropria de recursos alocativos e autoritários.

³⁸ GIDDENS, A. Op. cit. p. 148-150.

3 RELAÇÕES DE ESCALA NOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

3.1 O QUE É ESCALA?

A raiz etimológica da palavra “escala” está relacionada com “escada”, a existência de níveis superiores e inferiores que permitiriam ver “mais de cima”, após uma escalada, a paisagem circundante. Escala, em princípio, tem a ver com o tamanho ou abrangência dos fenômenos que nos cercam. Se olharmos o nosso universo, veremos estruturas diferenciadas em todas as escalas que podemos explorar. No limite superior, as maiores estruturas que conhecemos são os aglomerados de galáxias numa dimensão em torno de meio bilhão de anos-luz. No limite inferior conseguimos chegar até 1/100 do diâmetro de um próton.¹ Portanto, do maior até o menor fenômeno que temos conhecimento no nosso universo, as escalas se estendem por 41 ordens de magnitude.*

Falando sobre as formas naturais e artificiais e de como interagem em escalas específicas, Carlos Righi nos faz imaginar

(...) os diversos níveis decrescentes do espaço no qual estão ‘embebidos’ os produtos conceituados, projetados e produzidos pelo Homem. Um continente está cercado pelo oceano e esse limite é definido por uma linha ‘natural’. (...) Cada país desse continente está subdividido em estados e municípios por linhas ‘naturais’ relacionadas com ocorrências geográficas (rios, cadeias de montanhas, etc.). Trata-se de uma escolha do Homem por esses ‘marcos’, dentre tantos disponíveis. A vista aérea de uma cidade é o início de uma ruptura como padrão anterior. Pela primeira vez, nessa escala, o Homem *desenha* as subdivisões à vontade (...) O traçado das ruas e a divisão dos terrenos parece cada vez mais substituir o traçado ‘natural’ por um outro.²

Na medida em que entramos nos fenômenos sobre os quais o homem tem influência, mais podemos observar a intencionalidade humana na sua forma e estrutura. Segundo Milton Santos, a escala “é um limite e um conteúdo, que estão sempre mudando ao sabor das variáveis dinâmicas que decidem sobre o acontecer regional ou local”, e que embora possa ter componentes em diferentes níveis hierárquicos, a integração entre esses níveis é que define a escala de realização dos eventos no espaço e no tempo:

¹ SMOLIN, L. *The life of the cosmos*. Oxford University Press, New York, 1997. p. 163.

* Ordens de magnitude, ou ordens de grandeza, são descritas pelas potências na base decimal das unidades dimensionais que descrevem os fenômenos. Os aglomerados de galáxias são da ordem de 10^{59} unidades de comprimento de Plank, enquanto que 1/100 do diâmetro do próton é 10^{18} unidades.

² RIGHI, C. A. R. *Estruturas naturais vs. estruturas projetadas – reflexões*. Mimeo, s/d. p. 1.

A noção de escala se aplica aos eventos segundo duas acepções. A primeira é a escala da 'origem' das variáveis envolvidas na produção do evento. A segunda é a escala de seu impacto, de sua realização. (...) No primeiro caso, temos a escala das forças operantes e no segundo temos a área de ocorrência, a escala do fenômeno. (...) Assim, a escala de origem do evento tem a ver com a força de seu emissor. (...) Enquanto isso, no âmbito geográfico de uma região ou de um lugar, as escalas superiores de ação estão constantemente enviando vetores. Esses vetores de diferentes níveis hierárquicos se combinam para solidariamente constituir uma área comum de ocorrência, que é sua escala de realização.³

3.2 RELAÇÕES TÉCNICAS DE ESCALA

3.2.1 Limites Tecnológicos de Escala

No que tange aos sistemas tecnológicos, existem relações materiais que fazem com que na sua expansão eles esbarrem com limites particulares: tecnologias possuem limites de escala. A escala das infra-estruturas materiais está diretamente ligada com a escala das diferentes soluções tecnológicas disponíveis, implicando conjuntos distintos de relações com a sociedade e com a natureza. Se olharmos para diversas tecnologias e a infra-estrutura material relacionada a elas, como sistemas de transporte, técnicas de captação e tratamento de água, sistemas de geração e transmissão de energia, técnicas de produção de alimentos, veremos que algumas são mais eficientes em determinadas escalas que podem variar desde o doméstico até o nacional.

Pliny Fisk fala em uma "eficiência de escala" para cada alternativa tecnológica e sua infra-estrutura associada, e cita como exemplo que um sistema adequado de tratamento de esgotos em escala doméstica (como o convencional formado por uma fossa séptica e sumidouro) já não tem a mesma eficiência se for utilizado em escala urbana. A concentração de diversas residências em uma mesma proximidade torna esse sistema anti-econômico face a outras alternativas e traz problemas de escala como a poluição do subsolo e a contaminação do lençol freático. Já a utilização de aeradores e tanques de digestão está associada a uma escala e ritmo que não são compatíveis com a residência individual, mas sim com grandes volumes e taxas de produção de esgotos típicos de um bairro densamente povoado, ou uma pequena cidade. Segundo Fisk, as soluções tecnológicas deveriam ser

³ SANTOS, M. A natureza do espaço. Hucitec, São Paulo, 2ª. ed. 1997. p. 121.

buscadas na menor escala possível.⁴

Nos sistemas tecnológicos de geração hidrelétrica, a escala da tecnologia acompanhou o desenvolvimento da cibernética. Acredita-se que a roda d'água tenha sido desenvolvida no final do Império Romano, no Século V, embora somente tenha representado uma grande contribuição à indústria européia a partir dos séculos X e XI.⁵ O princípio físico que a torna útil, qual seja a transformação da energia hidráulica da água que cai em energia mecânica de um eixo que gira, é o mesmo que o das modernas turbinas hidráulicas. Estas atingiram sua maturidade tecnológica a partir do início do século XIX (turbinas JONVAL em 1837, turbinas FRANCIS em 1850, PELTON em 1880 e KAPLAN em 1914), mas nas décadas de 60 e 70 foram feitos importantes avanços tecnológicos que permitiram que essas máquinas atingissem maiores rotações e, portanto, maiores potências. Esses grandes avanços se originaram da cibernética, com o desenvolvimento de sistemas de controle e automação eletro-eletrônicos, mais eficazes que os sistemas mecânicos anteriormente utilizados.

Seja qual for o tamanho dessas máquinas, o material de que são feitas, a aplicação a que se destinam ou o país em que estejam instaladas, a potência gerada será sempre diretamente proporcional à vazão de água que passa por elas e à altura da queda d'água, em virtualmente qualquer escala que se considere. No entanto, apesar das relações entre as características físicas do processo não variar com a escala, o mesmo não acontece com as tecnologias utilizadas para a geração hidrelétrica. Uma roda d'água de madeira dificilmente suportará uma rotação elevada, o que limita a sua aplicação a vazões e quedas relativamente pequenas. Rodas d'água de até 2 m de diâmetro acopladas a bombas de uso predominantemente rural podem ser compradas por telefone e instaladas em alguns dias com um mínimo de requisitos técnicos, sem a necessidade de qualquer sistema administrativo ou divisão sofisticada de trabalho. Já as turbinas hidráulicas modernas implicam todo um conjunto de estruturas físicas e administrativas complexas específicas para a sua fabricação e instalação, o que as torna eficientes em escalas maiores de geração de energia. As de Itaipu implicaram relações internacionais, imensos investimentos, dívida externa e legislação nacional questionável.

Pode-se então afirmar que as diversas tecnologias possuem uma escala, tanto

⁴ FISK, P. Towards a theory and practice of sustainable design. Center for Maximum Potential Building Systems, Austin, TX, 1992.

⁵ LANDES, D. The wealth and poverty of nations. Little, Brown, 650 p. citado na resenha de Max Wilkinson, do Financial Times; Gazeta Mercantil Caderno "Fim de Semana" p. 11, 12, 13 e 14 de junho de 1998.

temporal como espacial, que é definida como a fronteira da eficácia ou aplicabilidade de cada técnica e a pertinência aos objetivos para que foi desenvolvida. Nesse sentido, escala passa a significar um limite ou fronteira que, no entanto, não é rígida nem bem definida.

3.2.2 Economias e Deseconomias de Escala

O fato de que muitos processos aumentam em eficiência e desempenho econômico na medida em que sua escala cresce implica em que a relação entre os insumos e o produto de determinadas atividades industriais não sejam linearmente proporcionais para quaisquer quantidades de insumos utilizados: a escala da produção tem um papel que torna essas relações não lineares. Esse princípio orienta a produção industrial em massa e as políticas industriais que buscam um aumento da produtividade, e é conhecido como “economia de escala”.

Economias de escala surgem de inovações tecnológicas e de rearranjos na estrutura social de produção. Dentre as características do sistema de produção industrial que causam as economias de escala, podemos citar as seguintes: a) o uso de fontes de energia não-humanas e não animais, como a energia hidráulica, o vapor, eletricidade, turbinas, motores de combustão interna que utilizam derivados de petróleo, energia atômica; b) o desenvolvimento de mecanismos de controle automatizados, como servo-motores, processadores, sensores; c) o uso de partes e equipamentos padronizados e intercambiáveis em grande medida, como motores, bombas, ferramentas; d) a desagregação de processos complexos em operações mais simples e repetitivas, com a especialização de funções e uma complexa divisão de trabalho.⁶

Por outro lado, existe também um outro princípio tecnológico que aponta numa direção contrária e que é descrito na teoria econômica clássica como a “lei dos retornos decrescentes”. A validade dessa lei é comprovada tanto por teóricos que julgam tê-la deduzido *a priori* como por empiricistas que a têm como um fato tecnológico universal observável.⁷ Realmente, a generalidade dessa propriedade transcende a disciplina econômica e já foi aplicada para explicar fenômenos que vão desde a economicidade de redes

⁶ SAMUELSON, P. A. Economics. McGraw-Hill, New York, 1953 (4th. Ed.), p. 22.

⁷ Ibid. p. 23

telefônicas a padrões energéticos em ecossistemas naturais.⁸

A lei dos retornos decrescentes, ou dos retornos minguantes como também é conhecida, se refere à decrescente quantidade extra de *output* que se obtém quando aumentamos a quantidade de um insumo ou de uma classe de insumos em um determinado processo produtivo, a partir de um determinado ponto. De uma forma geral, o que se tem observado é uma característica dos sistemas de produção que faz com que um incremento de alguns insumos em relação a outros considerados fixos leva de início a um aumento do *output* do processo mais do que proporcional ao aumento de *input* (economia de escala). Mas a partir de um determinado ponto o retorno extra resultante das mesmas adições de *input* passam a diminuir, devido ao fato de que o incremento de recursos variáveis devem interagir com uma parcela cada vez menor de recursos fixos.⁹

No que tange aos sistemas tecnológicos de recursos hídricos e energéticos, as economias e deseconomias de escala surgem como fatores determinantes no seu dimensionamento. Devido a características peculiares desses sistemas associadas ao padrão do comportamento hidrológico natural, os custos médios de investimento apresentam, em geral, uma tendência a diminuir de valor para acréscimos em escala e capacidade dos sistemas até um determinado ponto (economias de escala) a partir do qual voltam a subir novamente (deseconomias de escala).¹⁰ As deseconomias de escala podem também derivar de situações de ruptura que introduzem descontinuidades na análise econômica, como por exemplo a inundação de áreas urbanas ocupadas, áreas agrícolas ou sítios de interesse ambiental conservacionista, com a elevação do nível de represamento de um reservatório a partir de um certo valor.¹¹

Já no que se refere aos rearranjos da estrutura social de produção, quando o sistema de produção focado chega a escala nacional, como no "monopólio natural" do setor elétrico brasileiro, ou planetária, como no oligopólio global das empresas petrolíferas, tanto os avanços tecnológicos como a divisão do trabalho passam a fazer referência à própria estrutura das sociedades nacional e global, respectivamente. Se por um lado as economias de escala podem ser avaliadas pelo crescimento do PIB brasileiro e mundial, as deseconomias podem estar associadas ao agravamento das grandes desigualdades que

⁸ ODUM, E. P. Op. cit. p. 100.

⁹ SAMUELSON, P. A. Op. cit. p. 24.

¹⁰ JAMES, L. D. e LEE, R. R. Economics of water resources planning. McGraw-Hill, New York, 1979. p.

66.

¹¹ MAJOR, D. C. Multi objective water resource planning,; American Geophysical Union, Washington, 1977 (2nd ed.) p. 72.

caracterizam a economia brasileira e, no nível global, às mudanças climáticas, à destruição da camada de ozônio, à contaminação do ar, da água e do solo, à desertificação crescente, à pobreza e à perda de qualidade ambiental.¹²

3.3 RELAÇÕES SOCIAIS DE ESCALA

3.3.1 Relações Tecnológicas e Sociais

Além daqueles que podem ser chamados de “limites técnicos”, há também outro tipo de limitação que diz respeito aos arranjos tecnológicos e sociais de produção e que caracterizam as relações da sociedade com sua base de recursos naturais, limites de ordem social. A esse respeito, coloca Folladori que

Não existe relação técnica nenhuma que não esteja marcada por um tipo particular de relações sociais de produção. (...) a interconexão entre relações sociais de produção e relações técnicas é dialética; tanto as relações sociais influenciam as relações técnicas, entorpecendo ou agudizando o seu desenvolvimento, como estas últimas põem determinados limites ao tipo de relação social. (...) Por sua parte, as relações técnicas imprimem um marco de referência para as relações sociais. O grau de desenvolvimento técnico é indicador de um nível de divisão social do trabalho que tende a reproduzir. Segue daí que a escala e complexidade da produção sejam condicionantes de um nível determinado de relações sociais.¹³ (sublinhado meu)

“A tecnologia não é nem boa, nem ruim e também não é neutra”.¹⁴ Ela se constitui sobre um conjunto de relações materiais e sociais conhecidas que produzem um conjunto de conseqüências, algumas intencionais outras não. Ao selecionar uma determinada tecnologia para um fim útil a si, um grupo social atribui valores a essas relações e suas conseqüências. O valor atribuído às relações materiais tem a ver com a disponibilidade de recursos, dos meios de produção e da informação tecnológica que estejam ou poderiam estar sob seu domínio, assim como com a estrutura dessa sociedade, ou seja, o arranjo social de produção. Enquanto que o valor dado às conseqüências sociais e materiais intencionais acaba por determinar a adoção (ou não) de um determinado padrão tecnológico, o risco das

¹² SCHEER, H. Estrategia solar – para el acuerdo pacífico con la naturaleza. Plaza y Janes, Barcelona, 1993.

¹³ FOLLADORI, G. Los límites del desarrollo sustentable. Banda Oriental, Montevideo, 1999, p. 78 – 79.

¹⁴ Essa afirmação é conhecida como “A Primeira Lei de Kranzberg”, do historiador de tecnologia Melvin Kranzberg, apud CASTELLS, M. A sociedade em rede. p. 81.

consequências não intencionais ou desconhecidas é dificilmente fator determinante para sua rejeição.

Esses valores não são uniformes dentro de uma sociedade, e acabam por refletir uma escolha social, na maioria das vezes ditada por grupos dominantes. Os filósofos sociais têm demonstrado que desde os tempos neolíticos dois padrões tecnológicos têm sido observados: o primeiro, "autoritário", caracterizando-se por sistemas centralizados e imensamente poderosos mas inerentemente instável; e o outro, "democrático", centrado na escala humana, relativamente fraco, mas abundante em recursos e durável.¹⁵

As tecnologias de utilização dos recursos naturais energéticos e hídricos também podem ser vistas como autoritárias e democráticas. Em geral, as tecnologias democráticas estão associadas a recursos abundantes na natureza, que participam de ciclos e fluxos naturais com taxas de reposição altas o suficiente para poderem ser consideradas como fontes renováveis. Exemplos desses recursos são a energia solar, a energia hidráulica, a energia da biomassa florestal, a chuva e os rios. A utilização da água de rios e de fontes para o abastecimento de comunidades humanas e de quedas d'água e lenha para a geração de energia dependem de técnicas que acabam por caracterizar o desenvolvimento das sociedades desde os seus primórdios.

Já as tecnologias autoritárias estão associadas a instituições altamente hierarquizadas, como as grandes empresas estatais, os monopólios públicos ou privados, ou com as grandes empresas multinacionais. Essas tecnologias tendem a ser exclusivas, de difícil integração e distantes do consumidor final, exigindo grandes investimentos e organizações complexas com muitos níveis hierárquicos. A tecnologia nuclear, por exemplo, nasce com propósitos militares e floresce "num planejamento centralizado que silencia a competição, opções e debate democrático", conduzido por empresas multinacionais que buscam alto retorno em curto prazo, o que inclui a construção de usinas mas não a sua limpeza em caso de desativação ou acidente.¹⁶

¹⁵ MUMFORD, L. Authoritarian and democratic technics in Technology and culture, v. 5, 1964, p. 1-8.

¹⁶ Id.

3.3.2 Crescimento Hierárquico dos Sistemas de Controle

O processo de crescimento e de expansão dos sistemas de recursos naturais nas regiões urbano-industriais modernas possui um princípio construtivo que parte de um desequilíbrio fundamental na relação entre as sociedades e a natureza: a descoordenação entre o ritmo de utilização de recursos nas concentrações humanas e a disponibilidade de recursos nessas áreas.¹⁷ Isso faz com que, na medida em que surgem desequilíbrios locais nos “balanços” de recursos naturais de uma determinada aglomeração urbana, esses balanços passam necessariamente a ser “fechados” em uma escala maior, incorporando novas reservas de recursos, sob pena do crescimento e desenvolvimento desses sistemas encontrar limites.

No sistema urbano-industrial contemporâneo o saldo de demanda energética não anulado na escala de uma residência ou fábrica, por exemplo, passa a ser suprido pelo sistema público de energia, que traz esses recursos de outras regiões e mesmo outros continentes, como é o caso do petróleo; o balanço hídrico deficitário de uma cidade faz com que o sistema público de água busque a água de fontes cada vez mais distantes e em volumes cada vez maiores; e o balanço local deficitário de materiais para construção das cidades faz com que regiões inteiras sofram impactos ambientais significativos para a retirada de alguma matéria prima importante, como as pedreiras ou as jazidas de material calcário para a fabricação do cimento.¹⁸

Pela sua própria natureza, o crescimento em escala dos sistemas tecnológicos de recursos naturais implica também estruturas administrativas e institucionais centralizadas em níveis hierárquicos que cada vez mais se distanciam do conjunto local de instituições. No caso dos reservatórios de abastecimento de água, onde não só é importante a manutenção da quantidade mas também a qualidade do fluxo, o controle se estende à bacia hidrográfica e toma a forma de leis de zoneamento ou de legislação específica que parte do nível local e se estende, na medida em que crescem os sistemas, ao regional e mesmo nacional. Ou seja, o princípio do crescimento hierárquico é inerente ao sistema urbano-industrial contemporâneo e está intimamente ligado com o processo de metropolização.

A racionalidade do crescimento hierárquico é inerente à empresa capitalista

¹⁷ FOLADORI, G. Op. cit. p. 115.

¹⁸ RAMINA, R. H. A casa ecológica. Revista CASA SUL, Ribeiro de Campos, 1999.

moderna, controlada por uma gerência profissionalizada.¹⁹ O crescimento em escala dessas corporações, e a conseqüente globalização da racionalidade operacional da organização, leva à crescente falta de identificação entre os objetivos traçados durante o estágio de crescimento e os estágios mais maduros, de horizontes mais amplos. Esse tipo de contradição é observado em diversos tipos de organizações, como em algumas áreas de infra-estrutura dominadas por um longo período por monopólios estatais, como por exemplo no setor elétrico brasileiro:

As estatais elétricas transformavam-se em organizações pesadas, variegada manada de dinossauros. Elas haviam promovido o inchaço de seus quadros, inicialmente para prover serviços inexistentes no mercado, depois, para competir entre si por novas concessões; mais tarde, pela lógica interna da expansão. As estaduais médias e menores estavam sujeitas, no ambiente da política provinciana, a se transformar em clássicos cabides de emprego (contudo eram capazes de maior agilidade, articulando-se com o executivo estadual). Tudo isso, alimentado pelos recursos decorrentes da regra universal de "serviço pelo custo" para a fixação das tarifas. Regra modernizadora que, na ausência de controle social sobre os fatores que se incorporam nos custos, transforma-se em "serviço a qualquer custo".²⁰ (sublinhado meu)

3.3.3 Sistemas Hierárquicos

Os sistemas hierárquicos são famílias de sub-sistemas arranjados de modo hierárquico segundo uma ordem determinada pelo nível de detalhamento descritivo do sistema, pelos diversos níveis de complexidade de tomadas de decisão no sistema ou ainda pelos tipos de interações entre os sub-sistemas organizados em níveis hierárquicos distintos. Todos esses três tipos de hierarquias podem emergir em sistemas complexos e grandes, como é o caso de sistemas de recursos hídricos e energéticos, e possuem os seguintes princípios comuns²¹:

- a) sub-sistemas de ordem hierárquica superior estão relacionados com porções maiores, ou aspectos mais amplos do sistema;
- b) sub-sistemas de ordem superior possuem horizontes de decisão mais amplos, no

¹⁹ SAMUELSON, P. A. Op. cit. p.129.

²⁰ WAISMAN, D. À lobotomização do dinossauro – ascensão e queda do setor elétrico nacional estatal: um ensaio histórico e político. mimeo, março de 1980, p. 25.

²¹ HAYMES, Y. Y. Hierarchical analyses of water resources systems – modelling and optimization of large-scale systems. McGraw-Hill, New York, 1977. p. 62-63.

espaço e no tempo;

- c) sub-sistemas de ordem superior detém prioridade de ação sobre os de ordem inferior.

Nessas estruturas cada sub-sistema é visto como um sistema no seu nível hierárquico específico, com princípios construtivos próprios, porém com sua estrutura moldada por parâmetros estabelecidos em um nível hierarquicamente superior. O controle é exercido através de intervenções sobre certas variáveis nas funções dos sub-sistemas:

- controle dos objetivos dos sub-sistemas (recursos normativos);
- controle dos fluxos para os sub-sistemas (recursos alocativos);
- controle do arranjo de conexões (controle estrutural).

Isso traz à tona a questão do conflito entre os objetivos (e princípios construtivos) do sistema total e aqueles dos sub-sistemas componentes. Uma vez que, por definição, em uma estrutura hierárquica os conflitos entre os sub-sistemas em um determinado nível hierárquico são resolvidos por sub-sistemas em um nível hierarquicamente superior, isso implica que a busca dos objetivos do sistema total não necessariamente leva aos objetivos dos sub-sistemas individuais. O inverso também é verdadeiro: a maximização dos objetivos de todos os subsistemas não garante a maximização do sistema global. O que ocorre nos sistemas hierárquicos construídos, como as grandes organizações corporativas, é que normalmente os sub-sistemas são controlados dentro de uma racionalidade total. Portanto, os sistemas hierárquicos se estruturam, por assim dizer, sobre conflitos, e seu poder deriva da (ou reside na) capacidade da organização de manter o sistema estruturalmente íntegro apesar desses conflitos.

Um bom exemplo de sistema hierárquico é revelado pela estrutura de controle de empresas multi-milionárias por uma hierarquia de empresas-holding com capital registrado de algumas dezenas até centenas de milhares de reais, num processo descrito como "pirâmide de controle".²²

O processo de construção de sistemas hierárquicos aqui descrito faz referência ao conceito de "dualidade da estrutura" proposto por Giddens e que caracteriza "a estrutura como o meio e o resultado da conduta que ela recursivamente organiza; as propriedades

estruturais de sistemas sociais não existem fora de ação, mas estão cronicamente envolvidas em sua produção e reprodução”.²³ Segundo Giddens, contradição estrutural é uma “oposição de princípios estruturais, de modo que cada um depende do outro e, no entanto, nega o outro”. Giddens associa esses padrões hierárquicos a contradições estruturais existentes historicamente em todas as sociedades, mas de forma predominante ligadas à ascensão do Estado e ao surgimento das cidades:

As culturas tribais são de caráter segmentado. Quer dizer, consistem em centros múltiplos de alta disponibilidade de presença, em que as fronteiras entre diferentes “sociedades” não são usualmente assinaladas com clareza. Nesses sistemas descentralizados, a contradição estrutural inexistente. A contradição existencial delineia os contornos do mundo natural. A contradição estrutural é assinalada pela ascensão do Estado, o qual, por sua vez, está associado sobretudo à formação de cidades. (...) As cidades são recipientes de poder que, em conjunção com suas relações com o campo, geram o nexo estrutural da forma do Estado. (...) O Estado, expressando a relação cidade-campo, representa um novo tipo de princípio estrutural que contradiz o antigo, embora dependendo ainda dele. A relação simbiótica/antagônica entre cidade e campo é a forma específica dessa contradição estrutural.²⁴

Já as sociedades atuais tem seu desenvolvimento atrelado a contradições encontradas na formação do capitalismo industrial enquanto “estilo de empresa econômica”. Nele as cidades cedem o seu papel de recipiente de poder para a nação-Estado ao mesmo tempo em que as relações simétricas entre natureza e sociedade declinam:

A transformação da relação cidade-campo mediante o surgimento de “ambientes criados” -- exemplificados pelo (mas não limitados ao) “meio ambiente construído” do urbanismo moderno -- é parte integrante da formação da nação-Estado. Esse processo de transmutação separa a contradição existencial da estrutural. (...) Isso significa que a organização social humana deixa de ter qualquer simetria com a natureza: esta torna-se um meio para a expansão da produção. (...) A contradição primária da (nação-) Estado capitalista será encontrada no modo pelo qual uma esfera “privada” da “sociedade civil” é criada pela esfera “pública” do Estado, mas separada desta e em tensão com ela.²⁵

O que caracteriza uma contradição estrutural verdadeira é a sua insolubilidade estrutural, e contradições desse tipo tendem a se perpetuar nos sistemas hierárquicos, que criam um novo arranjo estrutural que incorpora e engloba as contradições, sem solucioná-las. Esse novo arranjo estrutural é macro em relação ao anterior, querendo dizer com isso que ele permite à organização continuar sua reprodução, ou crescimento, embutindo as

²² SAMUELSON, P. A. Op. cit. p. 127.

²³ GIDDENS, A. Op. cit. p. 303.

²⁴ GIDDENS, A. Op. cit. p. 160.

contradições em seu bojo sem solucioná-las – as contradições permanecem e se hierarquizam, e são elas que passam a caracterizar a organização, ou melhor, a organização passa a ser caracterizada pelo arranjo estrutural desenvolvido para dar conta das suas contradições internas.

Essa constatação lança luz sobre o processo de criar macro-soluções estruturais: a criação de hierarquias de estruturas, de certa forma evolutiva, em que problemas cada vez mais complexos e correspondentes contradições estruturais crescentes exigem níveis organizacionais em escalas mais abrangentes, hierarquicamente superiores, para manter um sistema estruturalmente coeso. Isso leva a uma organização cada vez mais complexa e hierarquizada, tendo dentro de si múltiplas contradições. Olhando de uma outra perspectiva, vemos que as contradições em um determinado nível hierárquico são também macro-contradições, que surgiram no confronto entre sub-sistemas que não conseguem, no seu nível hierárquico, solucionar-se. Isso indica que o mesmo processo funciona nas duas direções da escala, tanto para níveis “superiores” como para níveis “inferiores”, até chegar nas contradições básicas locais ou, como definido mais adiante, nas “irracionalidades locais”.

Contradições estruturais, portanto, implicam controle e este, por sua vez, implica poder. Nas estruturas hierárquicas o princípio construtivo fundamental, portanto, não é outro senão a racionalidade do controle, ou do poder (jurídico-administrativo, político, econômico, etc.), provindo de níveis sucessivamente superiores na hierarquia, simultaneamente instituída e instituinte da racionalidade do sistema, ou seja, o crescimento próprio do sistema, mantendo as contradições emergentes sob controle e preservando a integridade e estabilidade da estrutura que se apoia sobre elas.

Vemos então que o poder, como tudo, nunca é monolítico, mas é sempre composto de partes, de subconjuntos, de alianças, compromissos ou algum tipo de cooperação (sinérgica/alérgica, conflitiva/construtiva, competitiva/cooperativa) entre componentes em uma ordem hierarquicamente inferior. É isso que constitui, nos sistemas hierárquicos, a dialética do poder – as contradições internas a ele mesmo. São os conflitos entre as diferentes racionalidades que instituem níveis hierárquicos superiores. Caso não existam, em níveis básicos, contradições que possam evoluir para conflitos, não se justifica a criação de um nível hierárquico superior para administrar esse conflito potencial.

De acordo com Giddens, “sistemas inter-sociais não são imaginários e envolvem caracteristicamente formas de relação entre sociedades de diferentes tipos. Todas estas

²⁵ GIDDENS, A. Op. cit. p. 161.

podem ser estudadas como sistemas de dominação em termos de relação de autonomia e dependência vigentes entre eles”.²⁶

3.3.4 A Racionalidade Sistêmica Global e as Irracionalidades Locais

Por definição, um sistema possui um, e somente um princípio estrutural, chamado de “princípio sistêmico”.^{*} Acontece que nos sistemas hierárquicos os sub-sistemas não são construídos de acordo com um mesmo princípio, mas se subordinam a um princípio único, que no caso pode ser chamado de “dominante”. Os sub-sistemas possuem seu princípio construtivo individual, porém nem sempre podem realizar esse objetivo individualmente, sob pena de prejudicar a maximização dos fluxos no sistema total.

No caso dos sistemas de recursos naturais, ou das redes de infra-estrutura associadas ao processo de metropolização, podemos considerar que esse princípio sistêmico seria o de maximizar o crescimento dos fluxos no sistema. Tomemos o caso do sistema elétrico brasileiro. A otimização do sistema nacional implica o abastecimento de todas as demandas, principalmente as maiores, localizadas nas metrópoles do sudeste, como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Como a energia gerada para abastecer esses mercados provém de um sistema que se estende em territórios que extrapolam os limites desses estados, os sistemas locais de geração são obrigados a sub-otimizarem o seu objetivo, ou seja, devem se desenvolver e operar não de forma a gerar o máximo fluxo para o seu sistema individualizado, mas sim promover o máximo fluxo para o sistema maior, global. Isso representa uma contradição entre os princípios construtivos de cada sub-sistema e do macro-sistema.

Por outro lado, ao competirem entre si esses sub-componentes disputam os mesmos espaços e os mesmos tempos, disputam recursos, mesmo com finalidades diferentes, servindo aos seus próprios interesses; as racionalidades globais interagem com racionalidades locais em diversas escalas. Isso significa que, em níveis hierárquicos inferiores, dentro da região que hospeda esses recursos e essa disputa, tais racionalidades que emanam de níveis superiores nem sempre cooperam com as racionalidades locais, ou mesmo com os objetos e sistemas naturais e artificiais existentes. Impactos e

²⁶ GIDDENS, A. Op. cit. P. 135.

^{*} Este é um ponto polêmico, e foi bastante discutido durante a defesa da tese. No desenrolar do texto,

transformações surgem no espaço, desenhando novos objetos, com novos nomes, novas funções, usando parte de um antigo objeto, adaptando-o e dando-lhe um novo significado e novos valores, subordinando-o a uma nova ordem ou uma nova "racionalidade", ou seja, incluindo-o em um novo "sistema". Surgem também espaços abandonados, ruínas de um poder anterior e sem interesse para a racionalidade mais recente que se impõe.

Investimentos públicos, grandes mobilizações sociais, reformas de estado, projetos nacionais, guerras, reformas constitucionais, refletem a evolução estrutural historicamente necessária para que as contradições evoluam, implicando fluxos maiores e mais elaborados de recursos que passam a ser consumidos por estruturas hierárquicas maiores, mais complexas, mais centralizadas e mais controladoras.

O geógrafo Milton Santos, ao analisar as relações entre os processos globalizados e a natureza, coloca que num contexto de economia mundializada em que todas as sociedades terminam por adotar, em diferentes graus de intensidade ou de explicitação, um modelo técnico único, essa racionalidade acaba se sobrepondo à multiplicidade de recursos naturais e humanos sendo que sob essas condições a mundialização do planeta unifica a natureza:

[As diversas partes fragmentadas do ambiente] são postas ao alcance dos mais diversos capitais, que as individualizam, hierarquizando-as segundo lógicas econômicas com escalas diversas. A uma escala mundial corresponde uma lógica mundial que nesse nível guia os investimentos, a circulação das riquezas, a distribuição das mercadorias. Cada lugar, porém, é o ponto de encontro de lógicas que trabalham em diferentes escalas, reveladoras de níveis diversos e às vezes contrastantes, na busca da eficácia e do lucro, no uso das tecnologias do capital e do trabalho. Assim se redefinem os lugares: como ponto de encontro de interesses longínquos e próximos, mundiais e locais, manifestados segundo uma gama de classificações que está se ampliando e mudando.²⁷

Neste ponto convém um parêntese explicativo sobre o emprego do termo "racionalidade" no presente contexto. Segundo a tradição iluminista, "racionalidade" é tipicamente visto como um conceito que é bem definido e independente de contexto. Há autores como Kant, Machiavel, Nietzsche, Foucault e, mais recentemente B. Flyvbjerg, que se opõem a essa noção, argumentando que a racionalidade é dependente do contexto e que esse contexto é o poder. Segundo eles, o poder dissolve a linha divisória entre racionalidade e racionalização, esta última sendo a principal estratégia no exercício do poder.²⁸

principalmente nos próximos capítulos, deverá ficar claro que o "princípio sistêmico" é único e institui o sistema.

²⁷ SANTOS, M. Técnica espaço tempo - globalização e meio técnico-científico informacional. Hucitec, São Paulo, 3ª ed., 1997, p.18-19.

²⁸ FLYVBJERG, B. Rationality and power – democracy in practice. Columbia University Press, 1998, p. 2.

Racionalidades globais não se definem aqui como racionalidades planetárias, mas como racionalidades em escalas hierárquicas sucessivamente superiores, na medida em que o sistema cresce e passa a incorporar as racionalidades em níveis inferiores. Ou seja, a hierarquização "globalizada" progressiva está intimamente ligada ao crescimento e à centralização do sistema.

As irracionalidades locais surgem quando a escala dos sistemas locais é rompida e novos padrões de consumo se estabelecem, decorrentes de um novo modelo de desenvolvimento que se apoia sobre os recursos tornados disponíveis através das redes. Via de regra, os ritmos e fluxos que a rede impõe não são compatíveis com os ritmos e fluxos locais, surgindo impactos ambientais e sociais, principalmente nas regiões de grandes aglomerações urbanas:

Já que os recursos disponíveis ou trazidos de fora são orientados para [as transformações que atingem as áreas necessárias à realização das atividades modernas de produção e de circulação], o resto da aglomeração não recebe cuidados, sendo essa diferença de tratamento um dos fatores da crise ambiental.²⁹

Ao se substituir racionalidades locais por racionalidades não-locais, todo um conjunto de relações entre uma sociedade e o meio em que esta vive é desarticulado e confrontado com outro, com novas relações de dependência em técnicas e processos que a sociedade local não mais domina, mais distante de suas realidades perceptíveis e com poucas relações concretas com o seu ambiente imediato. Uma nova "educação ambiental" é necessária para que as pessoas possam passar a conviver com essas novas racionalidades e com seus riscos, muitas vezes imperceptíveis e muito mais ameaçadores.

²⁹ SANTOS, M. Técnica espaço tempo p. 76.

4 A RUPTURA DE LIMITES E A EXPANSÃO CENTRALIZADA DAS REDES

4.1 OS LIMITES “NATURAIS” DOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

A formação e o crescimento das metrópoles industriais depende do crescimento de fluxos programados e contínuos de recursos naturais, que por sua vez estão sujeitos a limitações de diversas espécies. Uma delas é de ordem temporal, uma vez que tais recursos estão dispersos desuniformemente no tempo e ocorrem segundo ritmos naturais, em grande medida imprevisíveis; a sua disponibilidade a qualquer tempo e em qualquer espaço não é garantida pela natureza. Só recebemos uma dada quantidade máxima de energia do sol, limitada pelo ciclo diário, bem como existe um regime hidrográfico característico de cada região que limita a sua riqueza hídrica às disponibilidades sazonais. As florestas tem um ciclo de crescimento e de reposição que não pode ser grandemente alterado, e implicam grandes espaços para o seu desenvolvimento. Essas características dos sistemas naturais condiciona a tecnologia e as relações sociais de produção de uma sociedade ou grupo que depende desses recursos exclusivamente. Os índios brasileiros, como os Kuikuru, tem estações de caça e de pesca condicionados pelos ritmos e fluxos naturais, o que se reflete inclusive na sua cultura e tradições.¹

Um outro tipo de limite à utilização dos recursos naturais diz respeito à sua espacialidade, ou localização. O homem e os recursos de que necessita não estão sempre localizados no mesmo lugar, exigindo um deslocamento, um transporte. As sociedades nômades se mudavam para outro local quando os recursos naturais locais, como a caça, se esgotavam, retornando depois de anos quando os estoques naturais haviam sido renovados. Ao vagar de local para local seguindo rotas que garantissem recursos essenciais para a sua manutenção e reprodução, o deslocamento era das tribos na direção dos recursos, estes pertenciam ao local. Com o surgimento das aglomerações humanas mais ou menos permanentes no tempo e no espaço, os recursos locais foram sendo exauridos e tiveram que ser buscados em algum outro local e conduzidos até onde seus consumidores estavam.

As sociedades que se fixaram em um lugar, o que ocorreu a partir do período

¹ CAMPOS, M. D. Sofrimentos e prazeres das siriemas: leituras e apropriações de patrimônios naturais

neolítico,² desenvolveram sistemas tecnológicos que permitiram que o fluxo de recursos naturais pudesse ser garantido para o seu uso, em quantidades e ritmos adequados, desde fontes distantes. Na medida em que as aglomerações humanas cresceram e passaram a consumir mais recursos, os sistemas de suporte também cresceram e se expandiram de forma centralizada. Na América Andina o povo Inca construiu seus caminhos em regiões que nos surpreendem até hoje cuja finalidade era a de garantir o abastecimento do império com recursos e informações³. Os romanos fizeram aquedutos e estradas, que garantiam fluxos de informações e de recursos essenciais para as suas cidades e garantiam o deslocamento rápido das forças militares que mantiveram o império coeso.

4.2 AS REDES E A RUPTURA DOS LIMITES

4.2.1 Conexidade: o Princípio Estrutural das Redes

Face às limitações ao crescimento e a expansão, o controle sobre os fluxos de recursos naturais na escala do sistema urbano-industrial moderno só foi possível com: a) o desenvolvimento de sistemas tecnológicos que possibilitaram a captação fortuita e a liberação controlada de recursos, e assim impor, em certa medida, um ritmo e formas de distribuição que os tornassem úteis a esse modo de produção, e b) com o desenvolvimento de sistemas administrativos centralizados que possibilitavam o controle sobre fontes de recursos localizados alhures, estoques mais ou menos distantes dos centros de consumo. Tais sistemas se caracterizaram pela implantação de um tipo particular de estrutura: as redes.

A utilização de redes para a captação e transporte de recursos naturais parece ser uma constante em muitas sociedades, capitalistas ou não, em diferentes períodos da história e com características muito diferentes de desenvolvimento tecnológico: a localização das aldeias indígenas próximas à rede fluvial, o estabelecimento de aglomerações ao longo de trilhas e caminhos utilizados pelos sistemas de transporte baseados em tração animal, o surgimento de cidades portuárias em locais convenientes num sistema de navegação que se

e culturais. XX Reunião Brasileira de Antropologia, mimeo, 1996 (?), 23 p.

² SPOSITO, M. E. B. Op. cit. p. 13.

³ DISSELHOFF, H. D. El imperio de los Incas. Imprensa Juvenil, Barcelona, 1978 p. 123. (e notas de viagem ao Peru, em 1985).

utilizava de correntes e ventos naturais. O crescimento espantoso dos assentamentos humanos característicos da era industrial, acompanhou o ziguezague desenhado pelas redes de transporte ferroviário, rodoviário e, mais recentemente, aeroviário, pelas redes de energia, as linhas, os postes, as torres de transmissão, pelos gasodutos, pelos aquedutos.

Nas regiões urbano-industriais modernas essas estruturas são conhecidas como “redes de infra-estrutura” de diversas espécies: redes de transporte, redes de comunicação, de energia, de água e outras, e que são construídas com a finalidade de promover o fluxo de recursos para a sobrevivência e o desenvolvimento da metrópole, desde espaços distantes. Essa estrutura linear peculiar permite aos sistemas de controle uma grande flexibilidade em duas importantes limitações dos recursos naturais: a limitação temporal dos ritmos naturais, por permitir uma utilização dos recursos naturais imprevisíveis de uma forma programada e intencional; e a limitação espacial desses recursos, uma vez que permitem a captação onde eles ocorrem e a sua utilização em outro local, intencionalmente determinado, muitas vezes distante e com pouca ou nenhuma relação de produção desses recursos.

O que faz com que essas estruturas reticulares sejam onipresentes em nossa modernidade urbana, correndo o risco de até passar despercebidas, ou tidas como “naturais”? Por que se tornam tão importantes, a sua presença indicando integração e desenvolvimento e a sua ausência isolamento e estagnação?

As redes possuem uma propriedade estrutural fundamental: a conexidade (ou conectividade). A conexidade das redes é um conceito intuitivo: elas existem na medida em que conectam pontos. No que diz respeito a redes de infra-estrutura, tal conexão tem um caráter de continuidade e permanência do fluxo de recursos para os centros de consumo. A conexidade se reflete em toda a rede, nas diversas escalas que essa rede existe. Os diversos tramos dessa estrutura se conectam em pontos específicos, um padrão estrutural que independe da natureza ou da magnitude do fluxo, muito embora os arranjos físicos dessas ligações possam apresentar variações de forma e de capacidade, como viadutos, rótulas, semáforos, e ferry-boats num sistema de transporte rodoviário. Nessa propriedade reside uma das características mais importantes das redes: o fato de possuírem uma estrutura/forma que apresenta similaridades em diversas escalas refletiria um processo único e estável de criação, com características únicas e com um princípio estrutural dominante.⁴

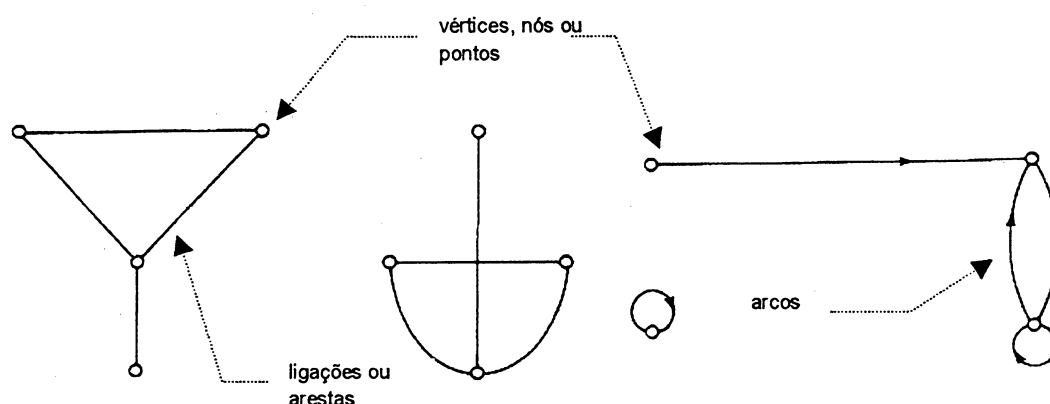
⁴ Conhecida entre os matemáticos do caos como “auto-similaridade” ou “auto-semelhança”, essa propriedade indica a simetria através das escalas, recorrência, um padrão dentro de outro padrão. Tal propriedade é característica de certas estruturas que vem sendo estudadas pela geometria fractal e, ao que tudo indica, se aplicariam a qualquer “sistema que possa ser visualizado ou analisado geometricamente, seja real ou

4.2.2 Complexidade Estrutural das Redes

As características estruturais das redes, ao menos aquela que nos interessa no momento, podem ser demonstradas a partir da representação das estruturas reais por um modelo gráfico simplificado, um "esquema", da estrutura verdadeira. Esses esquemas são conhecidos formalmente como grafos^{*}, e podem servir de modelo para observação dos padrões de conexão nas redes de infra-estrutura, ou seja, do ponto de vista formal, as redes podem ser representadas por grafos, admitindo-se aí uma relação de contexto problema-modelo.⁵

A descrição formal de grafos e algumas de suas aplicações em diversas áreas serão apresentadas mais adiante. No momento nos interessa saber que os grafos que se prestam ao modelamento das redes de infra-estrutura pertencem a uma classe distinta, os grafos orientados (ou dígrafos), que se distinguem dos grafos em geral pelas características de suas ligações que partem de algum vértice e se dirigem a outro, representando algum tipo de transporte ou de fluxo. Nesses grafos as ligações são chamadas de arcos e são representadas por flechas que apontam na direção do fluxo. A figura abaixo mostra dois grafos não orientados e um grafo orientado.

FIGURA 4.1 - GRAFOS ORIENTADOS E NÃO ORIENTADOS



FONTE: Gary Chartrand; "Introductory Graph Theory"

um produto da imaginação matemática", mas também se aplicariam muito bem à forma das cidades modernas (BATTY, M. e LONGLEY, P. Fractal cities. Oxford Academic Press, New York, 1994, p. 3-4).

* A língua portuguesa distingue entre grafos e gráficos.

⁵ BOAVENTURA NETTO, P. O. Grafos: teoria, modelos, algoritmos. Edgard Blücher, São Paulo, 1996. p.

O conceito de complexidade nas estruturas em rede não se restringe ao número de níveis hierárquicos nos quais estão distribuídos os seus elementos, mas também tem a ver com a densidade e a natureza das relações entre esses elementos. As redes são entidades complexas pela sua dinamicidade, dimensionalidade e não-linearidade.

Na análise de redes de infra-estrutura o aspecto de dinamicidade é traduzido pela existência ou não das conexões, e da sua permanência no tempo. As redes conectam alguns pontos e não conectam outros, em largos períodos de tempo. Isso se faz notar, por exemplo, na evolução do número de ligações nas redes de água na RMC, que não foi acompanhada pelo número de ligações de esgoto, embora ambas estivessem sob a mesma estrutura administrativa, fossem estruturalmente similares e tivessem o mesmo conjunto de vértices para conectar (unidades consumidoras de água são também geradoras de esgotos).

O aspecto da dimensionalidade diz respeito ao carácter combinatorial das redes, que faz com que as possibilidades de conexão entre os seus vértices sejam imensas, em princípio. Dado um número definido de vértices, as diferentes possibilidades de conexões entre esses vértices configuram redes diferentes, pois seus elementos estarão sendo “arranjados” de forma diferente em cada combinação. Existem quatro tipos de ligações possíveis entre 2 vértices quaisquer de uma rede:

- sem conexão (não há fluxo)
- conexão à direita (fluxos de A para B)
- conexão à esquerda (fluxos de B para A)
- conexão bi-direcional (fluxos tanto de A para B como de B para A)

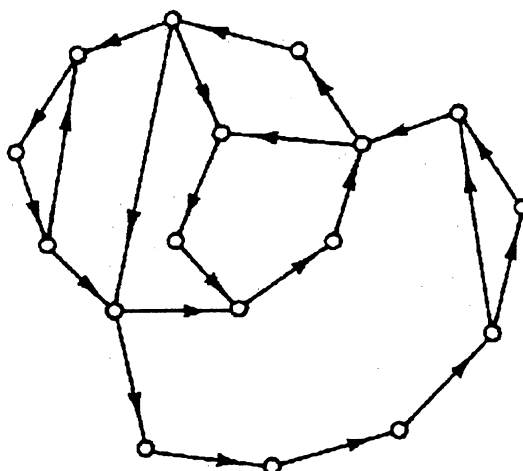
Se considerarmos todas as possibilidades de conexão entre pares de elementos de um grafo (ou de uma rede) com n elementos, que poderão assumir um dos estados acima, veremos que a variedade de combinações possíveis é assustadoramente grande.* A variedade de um sistema é também um indicador de sua complexidade e é associada à densidade de conexões entre os seus elementos.

A não-linearidade das redes reflete o carácter complexo do comportamento dos fluxos na estrutura na medida em que surgem ciclos e conexões bidirecionais, também

* A variedade neste caso é expressa como $2 \exp(n*(n-1))$. Numa rede com 5 vértices temos já mais de um milhão de possibilidades de ligações ($2 \exp(5*4)$); com $n=20$ a variedade excede o número de átomos que se

chamados de “*loops* de retroalimentação”.** Sistemas que apresentam ciclos e *loops* tendem a ser mais complexos do que sistemas lineares, que não apresentam esse tipo de ligação. Os biossistemas ou ecossistemas se destacam pela forte interação entre os seus elementos, bem como a rede neural do cérebro humano. Sistemas com alta variedade são também sistemas que tendem a apresentar fenômenos de auto-regulação, por apresentarem muitos ciclos de retroalimentação. É também evidente que quanto maior o número de conexões e mais diverso o padrão de conexão entre os elementos de uma rede, mais indiferenciados resultam os fluxos nessa rede, sendo mais difícil de se observar concentrações e centralizações muito pronunciadas.

FIGURA 4.2 - GRAFO FORTEMENTE CONECTADO MOSTRANDO DIVERSOS CICLOS



FONTE: Gary Chartrand; “Introductory Graph Theory”, p. 151

4.2.3 Complexidade e Controle – Contradições Sistêmicas

A complexidade de um sistema é inversamente proporcional à capacidade de se exercer um controle sobre esse sistema; quanto mais complexo um sistema, maior serão os esforços necessários para controlá-lo. Essa relação é conhecida na Cibernética como a “Lei da Variedade Necessária” (*Law of Requisite Variety*), explorada por Ross Ashby, e que se constitui no principal instrumento para compreender como sistemas podem ser controlados.⁶

avalia existirem no universo.

** Um “ciclo”, simplificada, é uma sequência de pontos conectados de forma que as suas ligações não sejam repetidas e que a última ligação retorne ao ponto inicial.

⁶ ASHBY, W. R. *Introduction to cybernetics*. in EMERY, F. E. (org.) *Systems thinking*. Penguin Books,

No presente trabalho não vamos desenvolver essa lei, uma vez que já foi formalmente demonstrada há mais de quatro décadas, mas apenas utilizá-la como princípio fundamental nos sistemas de controle dos recursos naturais. A Lei da Variedade Necessária estabelece que qualquer dispositivo de controle (ou sistema de controle) deve poder apresentar a mesma variedade que o sistema que se procura controlar, não importando como sua variação é distribuída no tempo ou no espaço.

Os sistemas naturais são altamente complexos, uma vez que a sua variedade é grande. Eles na realidade não são sistemas, mas podem ser analisados enquanto sistemas dentro de certas limitações, uma vez que conhecemos ou privilegiamos apenas parte das conexões entre seus elementos e suas interações. Não cabe aqui nos determos sobre a complexidade do sistema natural; basta no momento entender que os sistemas naturais se caracterizam por inter-relações muito numerosas e diversas entre seus elementos, incluindo ciclos e circuitos de retroalimentação, não apresentando uma proporcionalidade entre ações e reações causais, e nem uma ordem definida, mas uma rede dinâmica de relações.

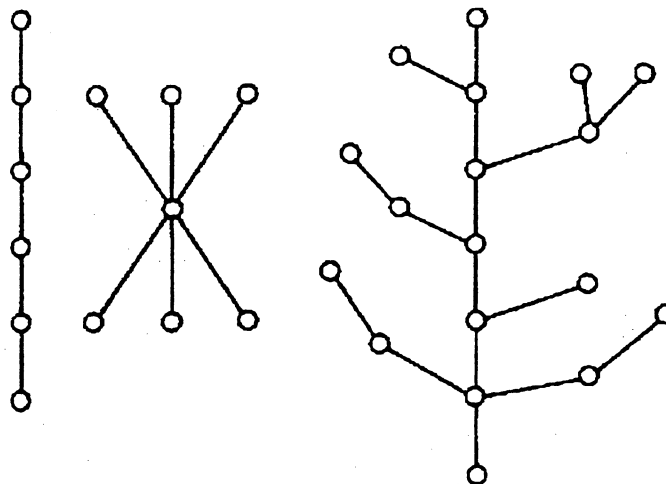
Já os sistemas construídos que procuram controlar os fluxos de recursos naturais, tanto em sua captação como na distribuição, apresentam estruturas de redes que, ao contrário dos sistemas naturais, possuem um número muito limitado de conexões entre seus elementos e com centralizações muito evidentes em alguns vértices, de onde partem grande parte dos fluxos. Quando observados ao longo do tempo, esses padrões de conexão raramente variam de sentido, ou seja, apontam sempre na mesma direção, muito embora os valores dos fluxos possam variar significativamente.

As redes são estruturas físicas de sistemas instituídos por uma racionalidade econômica, que é a de maximizar e garantir o fluxo a um mínimo custo de expansão da rede. Os grafos que representam as redes de infra-estrutura ideais (aquelas que atenderiam perfeitamente a racionalidade econômica) são conhecidos como "grafos econômicos" ou "árvores parciais de custo mínimo", por minimizarem o número e a extensão dos arcos de conexão enquanto conectam o maior número possível de vértices, eliminando os ciclos.⁷ Esses grafos adquirem uma forma especial, chamada de "árvore" ou "arborescência", uma vez que suas representações gráficas lembram essas formas por eliminação de arcos duplicados e de ciclos, como observado na figura abaixo.

1941, p. 110-111.

⁷ CHARTRAND, G. Introductory graph theory. Dover, New York, 1985. p.175.

FIGURA 4.3 - ÁRVORES OU ARBORESCÊNCIAS



FONTE: Gary Chartrand; "Introductory Graph Theory", p. 81

Mas, ao mesmo tempo que representam estruturas de custo mínimo, as arborescências estão associadas a sistemas hierárquicos e, portanto, à presença de um princípio construtivo de controle e uma relação de ordem, dominada por um único elemento; são arborescências os organogramas, as classificações biológicas e as árvores genealógicas.⁸

A redução da variedade dos sistemas trazida com a hierarquização de suas estruturas em rede e, portanto, determinando centralidades e reduzindo a dimensionalidade e não-linearidade potenciais, faz com que a complexidade seja limitada. Dessa forma, de acordo com a "Lei da Variedade Necessária", o controle sobre a estrutura do sistema poderia ser exercido com mais facilidade. Por outro lado, a redução da complexidade vem acompanhada por limites técnicos, manifestados por limites de capacidade de fluxo e queda da confiabilidade desses fluxos, em vista da redução do número de conexões entre os pontos correspondente à ausência de ciclos. Portanto, enquanto que as deseconomias de escala nas redes crescem com a hierarquização, a economia de escala cresce com a complexidade. O crescimento em escala nessas estruturas trabalha no sentido contrário do controle sobre as conexões.

⁸ BOAVENTURA NETTO, P. O. Op. cit. p. 149.

Assim, os padrões de conexão observáveis no processo de construção e crescimento das redes, estão associados à contradição entre dois princípios sistêmicos diferentes, ambos se valendo do mesmo princípio construtivo de conectar pontos e promover fluxos, porém materializando-se de formas diversas no espaço geográfico. O padrão observado reflete as tendências dominantes em períodos ao longo da história desses sistemas:

- a. crescimento que privilegia a maximização do controle – se dá por extensão da árvore mínima, de forma a minimizar os custos de expansão. Esse tipo de estrutura está associado a sistemas hierarquizados e centralizadores, geradores de dependência. Na medida em que crescem em escala passam a apresentar níveis hierárquicos superiores, ou “globais”;
- b. crescimento que privilegia a maximização da complexidade do sistema – se dá pela diversificação e de multi-polarização das redes de forma a maximizar os fluxos, tendendo, no limite, a “grafos completos” (aqueles em que todos os pontos se conectam com todos os outros). Esse tipo de estrutura implica maior número de centros que o anterior e maior indiferenciação de fluxos, implicando sistemas descentralizados, distribuídos.

4.2.4 O Controle Sobre os Fluxos

As redes de infra-estrutura não se definem somente pelo seu aspecto físico e visível como estradas, dutos de água, de gás ou linhas de transmissão de energia. As redes também modulam os fluxos de recursos, coordenando-os para que estejam disponíveis não só em quantidades adequadas, mas também em ritmos adequados e mais previsíveis.

Por exemplo, numa rede de transporte coletivo é necessária uma ordem de frequências e de capacidades, uma hierarquização que se reflete também na hierarquia do sistema rodoviário, ou seja, uma organização do espaço e do tempo, que por sua vez está relacionada com as características dos espaços que servem. O mesmo ocorre com as redes de energia: são cabos e linhas que seguem certas diretrizes e orientações conectando geradores a consumidores separados e em locais diferentes dentro de ritmos específicos em quantidades específicas de forma coordenada, distribuídos em diversos níveis de tensão, ou seja, hierarquizados de acordo com seu volume de tráfego – redes de distribuição hierárquicas. Essas redes hierarquizadas se referem, portanto, a espaços racionalizados,

organizados, diferenciados e hierarquizados internamente, caracterizando desuniformidades e concentrações de fluxo variáveis dentro de uma região.

A “vontade tecnológica de eliminar o aleatório” tem sido comentada por Milton Santos, associando a “instrumentação da realidade” ao meio industrial, que quando aplicada ao espaço geográfico o transforma em território da racionalidade.⁹ Vistas desse ângulo, as redes são mais do que estruturas físicas dos sistemas técnicos de captação, armazenamento, transporte e distribuição de recursos; são também indicadores de espaços geográficos racionalizados e controlados, na medida em que materializam intervenções técnicas intencionais no espaço viabilizando a apropriação de recursos naquele espaço, a sua concentração e transporte até algum ponto de centralização, mais ou menos distante, em ritmos e magnitude controladas, ditadas pela racionalidades dos centros consumidores:

As redes são, pois, ao mesmo tempo, concentradoras e dispersoras, condutoras de forças centrípetas e de forças centrífugas. É comum, aliás, que a mesma matriz funcione em duplo sentido. Os vetores que asseguram à distância a presença de uma grande empresa são, para esta, centrípetos e, para muitas atividades preexistentes no local de seu impacto, agem como fatores centrífugos. (...) Mediante as redes, há uma criação paralela e eficaz da ordem e da desordem no território, já que as redes integram e desintegram, destroem velhos recortes espaciais e criam outros (...) O fato de que a rede é global e local, una e múltipla, estável e dinâmica, faz com que a sua realidade, vista num movimento de conjunto, revela a superposição de vários sistemas lógicos, a mistura de várias racionalidades cujo ajustamento, aliás, é presidido pelo mercado e pelo poder público, mas sobretudo, pela própria estrutura socioespacial.¹⁰

⁹ SANTOS, M. *A Natureza do Espaço* ... p. 235.

¹⁰ Ibid. p. 222.

4.3 A REGIÃO METROPOLIZADA

4.3.1 Redes: Instrumentos de Controle Regional

Se de alguma forma a conexidade das redes permite o rompimento com limites “naturais” de localização e temporalidade, possibilitando a expansão do consumo e dos sistemas de recursos naturais, por outro lado os padrões de conexão nas redes de infraestrutura não refletem um fenômeno “natural”, mas são determinadas intencionalmente, de acordo com uma racionalidade – as redes partem de alguns pontos determinados e conectam outros pontos também determinados, e não aleatórios.

Diversos autores identificam as redes como estruturas do poder, sendo que o poder é neste trabalho interpretado como controle, ou a capacidade de uma organização para controlar os recursos necessários para o seu funcionamento. Através das redes flui tudo o que é necessário para que as regiões mais centrais do poder, em níveis hierárquicos superiores, possam existir e se manter no poder. Enquanto Milton Santos afirma que “a existência das redes é inseparável da questão do poder”,¹¹ Claude Raffestin identifica as redes como instrumentos do poder:

A rede aparece, desde então, como fios seguros de uma rede flexível que pode se moldar conforme as situações concretas e, por isso mesmo, se deformar para melhor reter. A rede é proteiforme, móvel e inacabada, e é dessa falta de acabamento que ela tira sua força no espaço e no tempo: se adapta às variações do espaço e às mudanças que advêm no tempo. A rede faz e desfaz as prisões do espaço, tornado território: tanto libera como aprisiona. É o porque de ela ser o ‘instrumento’ por excelência do poder.¹²

A palavra “região” vem do latim *regio* (relativo ao “rei”), que por sua vez deriva do verbo *regere*, e que significa reinar, governar. Para autores ligados à corrente da geografia crítica brasileira, como Aluizio Duarte, “regiões são espaços em que existe uma sociedade que realmente dirige e organiza aquele espaço”,¹³ ou seja, regiões seriam caracterizadas pelo controle ou domínio de uma determinada sociedade sobre um determinado espaço. Embora esta definição de região possa ter sua utilidade comprometida dadas as situações de homogeneização global características do capitalismo monopolista contemporâneo, sendo

¹¹ Ibid. p. 215.

¹² RAFFESTIN, C. Por uma geografia do poder. 1993, p. 204.

¹³ Apud. CORRÊA, R. L. Região e organização espacial. Ática, São Paulo, 1995, p. 41.

cada vez mais difícil identificar um espaço que a satisfizesse totalmente, esse conceito é aplicável no nosso caso, ao considerar as ações efetivas de sistemas tecnológicos metropolitanos estabelecendo hierarquias de domínio para ação e controle sobre essa região:

A ação e controle sobre uma determinada área quer garantir, em última análise, a reprodução da sociedade de classes, com uma dominante, que se localiza fora ou no interior da área submetida à divisão regional ou, como se refere a literatura, à regionalização. Esta distinção parte da aceitação explícita ou implícita da diferenciação de áreas ao longo da história. A sua ratificação ou retificação se dá a cada momento, conforme os interesses e os conflitos dominantes de cada época. São eles que, por outro lado, levam as unidades territoriais de ação e controle, as regiões, a serem organizadas de modos diferentes: de um lado, a partir de um governo de nível hierárquico inferior ao do núcleo de dominação; de outro, de um mais ou menos complexo sistema de planejamento espacializado. Ambos cumprindo o papel de ação e controle. Neste exemplo, o Estado, surgido dentro do modo de produção dominante, é o agente da regionalização.¹⁴

É importante notar que a “classe dominante” não precisa, necessariamente, estar contida na área dominada, desde que os seus instrumentos de domínio sejam eficazes nessa área. Ao explorarmos o processo de metropolização deixamos claro que grande parte dos recursos necessários para a sua reprodução e manutenção vem “de fora”, de regiões externas e às vezes distantes mas ainda sob seu domínio através de sistemas tecnológicos e administrativos mais ou menos complexos de apropriação, captação, concentração, transporte e distribuição que se utilizam de redes. No que se refere aos recursos naturais, o controle sobre eles não necessita de uma contiguidade física entre o centro e as áreas sob sua dominação; ele necessita apenas da conexão linear das redes de infra-estrutura entre uma área central, de onde emanam o comando e o controle e para onde fluem os recursos, e as áreas subordinadas de onde partem tais recursos.

O domínio de algumas regiões sobre os recursos de outras não é uma noção nova, e já foi identificado como imperialismo econômico:

A definição de imperialismo econômico que nós empregamos é a dominação econômica de uma região ou país sobre outra – especificamente, o controle formal ou informal sobre recursos econômicos locais de maneira vantajosa para o poder metropolitano, e às custas da economia local. Controle econômico pode ser exercido em um número de maneiras. A forma principal de dominação econômica tem sempre sido o controle pelos países capitalistas avançados sobre os recursos econômicos reais e líquidos de áreas economicamente atrasadas. Os principais recursos líquidos são o câmbio e as poupanças públicas e privadas, e os recursos reais consistem de [infra-estrutura] agrícola, mineral, de transporte, comunicação, manufatura, comércio, e outros ativos.¹⁵

¹⁴ Ibid. p. 48.

¹⁵ O'CONNOR, J. The meaning of economic imperialism in RHODES, R. I. (ed.) Imperialism and

Dessa forma, paralelamente ao reconhecimento de determinado recurso natural como essencial e à detenção da tecnologia para utilizá-lo, igualmente importante para uma sociedade é o acesso a esse recurso. O termo "acesso" é entendido aqui como "controle", ou seja, a capacidade de uma sociedade ou grupo de utilizar um determinado recurso natural de forma autodeterminada. Esse, portanto, é um outro tipo de limite, que chamaremos aqui de "limite político", e que determina relações de dependência e de dominação relativas aos recursos naturais entre sociedades ou grupos.

4.3.2 O Espaço de Fluxos e a Região Metropolizada

Manuel Castells, ao comentar a importância dos fluxos para a nova "sociedade em rede", afirma que "a nossa sociedade está construída em torno de fluxos: fluxos de capital, fluxos de informação, fluxos de tecnologia, fluxos de interação organizacional, fluxos de imagens, sons e símbolos". Mais do que apenas um elemento da organização social, os fluxos seriam a expressão dos processos que dominam a vida política, econômica e simbólica. Fluxos, segundo Castells, seriam definidos como "as seqüências intencionais, repetitivas e programáveis de intercâmbio e interação entre posições fisicamente desarticuladas, mantidas por atores sociais nas estruturas econômica, política e simbólica da sociedade"¹⁶ (sublinhado meu).

Milton Santos se refere a um espaço de fluxos, que não abrangeria todo o espaço, mas seria uma "subsistema, formado por pontos ou, no máximo, linhas e manchas, onde o suporte essencial são os artefatos destinados a facilitar a fluidez e autorizar o movimento dos fatores essenciais da economia globalizada".¹⁷

Castells define o espaço de fluxos como constituído pela "organização material das práticas sociais de tempo compartilhado que funcionam por meio de fluxos" e que, embora não sendo a única lógica espacial de nossas sociedades, seria no entanto a lógica espacial dominante, por ser "a lógica espacial dos interesses/funções dominantes em nossa sociedade".¹⁸

As redes de infra-estrutura, portanto, se constituem no suporte material do espaço

underdevelopment. Monthly Review Press, New York, 1970. p. 118.

¹⁶ Manuel Castells

¹⁷ SANTOS, M. A Natureza do Espaço ... p. 236.

¹⁸ CASTELLS, M. A sociedade em rede. Paz e Terra, São Paulo, 1999. p. 436, 440.

de fluxos de recursos naturais, em que as concentrações espaciais se formam a partir da centralização de alguns dos vértices dessas redes. A centralização é, portanto, uma deformação no espaço de fluxos, uma intervenção intencional realizada pelas redes; a concentração é sua consequência. Pode haver, nos fenômenos naturais, concentrações sem centralizações “intencionais”, como a chuva nas calhas dos rios, mas aonde há centralização, surgem as concentrações, como na rede de dutos de escoamento de águas pluviais. Isso não significa que a intencionalidade da centralização seja privilégio exclusivo dos sistemas tecnológicos modernos das sociedades capitalistas – o nome em língua quíchua dado ao império Inca era TAWANTINSUYO, algo como “o centro de onde partem os quatro pontos cardeais” e sua capital, Cuzco, “o umbigo do mundo”.¹⁹

Neste ponto podemos propor um novo conceito para o processo de metropolização, situando-o na abordagem sistêmica aqui desenvolvida: O processo de metropolização poderia ser então definido como o movimento perceptível dos sistemas tecnológicos de gestão dos recursos naturais, a sua expressão dinâmica. Tais sistemas seriam instituídos no domínio dimensional do espaço de fluxos de recursos naturais segundo um princípio sistêmico de maximização desses fluxos, e a sua forma aparente seriam as redes de infraestrutura.

O processo de metropolização, apesar de ter a sua origem normalmente associada a uma região ou cidade central, não se restringe a esse espaço e nem tem continuidade em sua existência e desenvolvimento se não existirem outras regiões, as quais são controladas por redes. Apesar do termo “metrópole” denotar essa relação polarizada entre regiões, o conjunto forma uma só unidade e um só processo, unificado pela existência das redes. Na medida em que surgem mais redes e cresce o número de conexões entre elas, cresce o fluxo de recursos, e a polarização dual tende a decrescer; surgem também novos centros e novas centralizações.

A “região metropolizada” denotaria então uma situação particular, porém ubíqua, na qual o espaço de fluxos estaria “distorcido” por redes de fluxo centralizadas em alguns pontos, ou muitos. A região metropolizada poderia ser definida, portanto, como a porção do espaço de fluxos polarizada pela existência de uma rede específica.

Assim, o subsolo boliviano, que contém o gás natural, faria parte da região metropolizada pelas redes de gasodutos que trarão esse recurso para São Paulo e as principais cidades do sul e sudeste do País, muito embora todos esses pontos de produção e

¹⁹ RAMINA, R. H. Notas de viagem ao Perú, 1995.

de consumo não sejam contíguos no espaço. Da mesma forma, o lago formado pelo reservatório da usina de Itaipú faria parte da região metropolizada pelo sistema nacional de transmissão de energia elétrica, mas que por outro lado não inclui as áreas lindeiras ao reservatório nem aquelas localizadas a algumas dezenas de metros ao lado da linha de transmissão de corrente contínua de 750 KV que cruza o estado do Paraná.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

5.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E O PROBLEMA METODOLÓGICO

O problema da abordagem sistêmica é essencialmente o problema das limitações dos procedimentos analíticos na ciência dita "clássica", os quais pressupõem que uma entidade pode ser estudada resolvendo-se em partes e por conseguinte pode ser constituída ou reconstituída pela reunião dessas partes. Segundo Bertalanffy, a aplicação desse processo analítico só é válido em três situações nas quais: a) os processos de interação entre as partes não existam, ou b) sejam desprezíveis face aos objetivos da pesquisa; ou ainda que c) as relações que descrevem o comportamento das partes sejam lineares, pois só então o comportamento do todo pode ser considerado como a soma dos comportamentos das partes¹.

Uma vez que, por definição, sistemas são constituídos de partes em interação e que o comportamento de um sistema é dinâmico e dependente dessas interações em sua totalidade, os procedimentos analíticos estariam comprometidos em sua aplicação a sistemas reais. Dessa forma, o problema metodológico da TGS sempre foi a dependência em processos analíticos e somatórios desenvolvidos pela ciência clássica, principalmente da matemática clássica, ou seja, o cálculo, para enunciar e descrever princípios genéricos que se aplicam aos sistemas em geral ou a subclasses definidas. A força dessa abordagem residiria na sua capacidade de generalização, porém estaria restrita a princípios generalizados da cinética, por exemplo, aplicáveis a interações aditivas lineares entre populações de moléculas ou a entidades biológicas (sistemas químicos e ecológicos), e aos processos de difusão, cujas equações podem aplicar-se em físico-química e no espalhamento de boatos.

Só a partir da segunda metade do século XX, principalmente com o advento dos computadores, puderam ser desenvolvidos novos enfoques metodológicos que se apoiavam na computação e na simulação, e se revelavam aplicáveis a sistemas que excedem de muito a capacidade computacional da matemática convencional, como é o caso em modelos de sistemas mais realistas, envolvendo um grande número de variáveis inter-relacionadas e de equações não-lineares, como por exemplo as análises macroeconômicas, as pesquisas de

¹ BERTALANFFY, L. von. Op. cit p. 37-38.

mercado e a simulação numérica de experimentos reais de laboratório em que há interação significativa entre elementos do sistema em análise.

A partir daí foi desenvolvido um conjunto de teorias que se caracterizam por se concentrarem mais na relação entre os elementos dos sistemas e na interação entre eles do que sobre os elementos propriamente ditos, como a Teoria dos Compartimentos, (também conhecida como “elementos finitos”), a Teoria dos Conjuntos, a Teoria dos Grafos (ou das redes), a Teoria da Informação, a Teoria dos Autômatos, a Teoria dos Jogos, a Teoria da Decisão, e a Teoria da Fila.

Neste trabalho utilizaremos a Teoria dos Grafos para focar as características estruturais das redes, deixando para uma outra oportunidade o enfoque sobre as características tecnológicas dos sistemas de gestão de recursos naturais, embora em alguns momentos façamos a eles referências. Por hipótese, estaremos admitindo que a inspeção de esquemas gráficos dessas estruturas, associadas a observações empíricas sobre a evolução dos sistemas a que servem, nos permitirá reconhecer e identificar padrões de centralização significativos nessas redes.

5.2 CONCENTRAÇÃO E CENTRALIZAÇÃO

Este trabalho parte da percepção de uma importante diferenciação entre os conceitos de concentração e de centralização. O leitor é convidado a compartilhar essa percepção imaginando, por ora, o seguinte experimento:

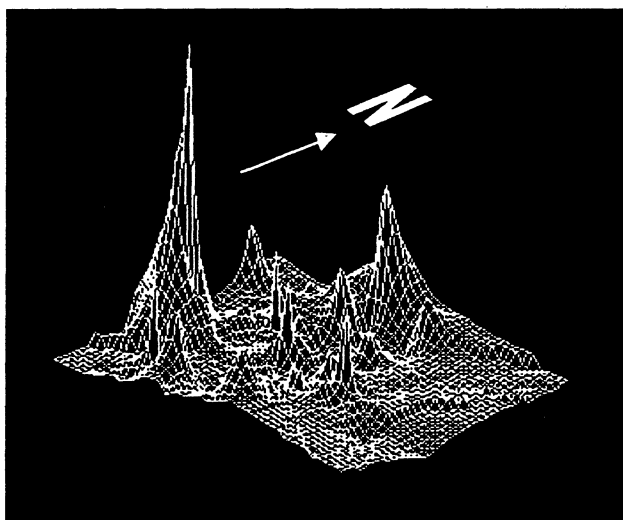
Suponha que tenhamos uma sala cujo assoalho foi construído de forma peculiar: seu piso está perfeitamente nivelado e não há nele qualquer pendente ou declive, nem saliências ou imperfeições. Imagine agora que alguém entre nessa sala com uma caixa cheia de bolinhas de gude, daquelas da nossa infância, coloridas, e espalhe essas bolinhas pelo chão, jogando punhados delas aleatoriamente pela sala de modo a deixá-las uniformemente distribuídas. Dado a uniformidade do piso, seria de se esperar que, ao dividirmos a sala em duas áreas de igual tamanho, aproximadamente metade das bolinhas estivesse localizada em cada uma das subdivisões. Também seria sensato esperar que 10% da área da sala contivesse aproximadamente 10% das bolinhas, 20% da área contivesse 20% das bolinhas, e assim por diante, conduzindo à exata noção de distribuição estatística uniforme, ou seja, aquela em que nenhum padrão de concentração é perceptível.

Mas agora suponha que, descontentes com o piso perfeitamente nivelado, o que traria grandes dificuldades para recolher as bolinhas espalhadas por toda a sala, resolvamos chamar o pedreiro e solicitar que ele refaça o piso, mas agora de tal forma que este fique com um leve declive, a partir das quatro paredes laterais, para o centro da sala. Se repetíssemos a experiência com a caixa de bolinhas de gude, certamente veríamos agora que elas não mais se distribuíam uniformemente pelo piso, mas rolariam ao sabor desses declives criados na direção do centro, aonde certamente seria mais fácil recolhê-las novamente.

Pois bem; a percepção que se pretende despertar é que, enquanto a concentração é um fenômeno que surge de forma natural, como resultante de uma deformação do espaço, a centralização tem outra natureza e reflete uma organização do espaço, a criação de uma relação entre um ponto chamado centro e o espaço que o cerca, chamado de perímetro, ou periferia. A centralização, no nosso caso, é uma deformação do espaço de forma intencional, “organizada” em torno de um centro, com uma finalidade explícita de recolher as bolinhas mais facilmente, ou seja, de centralizar algum tipo de recurso.

Na prática é difícil se distinguir entre centralizações e concentrações em redes, visto somente pelos seus efeitos ou aspectos externos. A figura abaixo mostra a concentração do consumo de energia elétrica no setor industrial do município de Curitiba no ano de 1995.

FIGURA 5.1 - CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NO SETOR INDUSTRIAL EM CURITIBA – 1995



Fonte: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996.

Os picos representam os totais do consumo de eletricidade em vértices estratégicos das redes de distribuição de eletricidade, os transformadores, identificados por suas coordenadas geográficas. O pico mais alto corresponde a transformadores instalados na CIC, o distrito industrial de Curitiba. Nota-se que a centralização da rede de eletricidade permite a concentração de fluxo e ambos acabam por coincidir geograficamente, o que dificulta a identificação dos dois processos de forma separada.

Este trabalho procurou, na medida do possível, traduzir a percepção acima na forma de gráficos que demonstrassem de forma mais clara os padrões de centralização e de concentração existentes em sistemas de recursos naturais, utilizando diferentes metodologias. A centralização é um processo histórico, que tem sua evolução associada a eventos que se desenrolam no tempo e que indicam a sua presença, como por exemplo o monopólio do petróleo, o processo de estatização e operação integrada do setor elétrico nacional, ou a agregação das empresas municipais de saneamento em uma só empresa estatal, que ocorreram durante os anos 50, 60 e 70. Sendo assim, esse movimento foi analisado a partir de breves históricos sobre cada sistema, bem como por gráficos que representam padrões de concentração de algumas variáveis importantes, como a produção ou o consumo de recursos, ou sua evolução cronológica.

Procurou-se associar a história da centralização dos sistemas de recursos naturais da RMC à centralidade das suas estruturas em rede, a partir de observações sobre representações gráficas dessas estruturas (seus grafos), como a maior ou menor conexidade, a presença ou ausência de ciclos e a hierarquia escalar do sistema.

5.3 PADRÕES DE CENTRALIDADE EM REDES: ANÁLISE DE GRAFOS

Do ponto de vista intuitivo redes e grafos (gráficos ou esquemas) são a mesma coisa, aceitando-se no máximo uma relação de contexto problema-modelo, respectivamente. Formalmente, um grafo é uma estrutura $G=(X,U)$ onde X é um conjunto discreto e U é uma família cujos elementos u (não-vazios) são definidos em função dos elementos x de X , em duas formas possíveis - os grafos orientados e os não-orientados. Os elementos de X são chamados vértices, nós ou pontos e o valor $n=|X|$ é a ordem da estrutura. A família U pode ser entendida como uma relação ou conjunto de relações de adjacência cujos elementos são chamados em geral ligações; em particular, nas estruturas não-orientadas, as ligações são conhecidas como arestas e nas estruturas orientadas, como arcos.

Os primeiros problemas formais de grafos se devem ao matemático suíço Leonhard Euler (1707 – 1783). O desenvolvimento de uma teoria, porém, teve que esperar até o século seguinte e as suas aplicações, após rápidos ensaios iniciais, apareceram a partir de meados do Século XX com a invenção do computador, expandindo o uso de grafos a uma enorme gama de situações: os circuitos elétricos e eletrônicos e os problemas de miniaturização a eles associados; as propriedades das fórmulas químicas, os estudos sobre a influência da topologia das moléculas sobre as propriedades dos compostos químicos, os esquemas complexos de reações químicas e, mais recentemente, para o projeto de moléculas com propriedades desejadas - a chamada engenharia molecular. Os últimos trinta anos testemunharam um crescimento explosivo: as áreas aplicadas se contam às dezenas, os livros especializados por centenas e os trabalhos publicados aos milhares. No Brasil, os números correspondentes são ainda modestos: mal se chega a uma dezena de obras, muitas delas dedicadas a aspectos peculiares da teoria e de suas aplicações computacionais, principalmente na área da "pesquisa operacional".²

Os problemas de pesquisa operacional que se utilizam de modelos em grafos são conhecidos como problemas de transporte em redes, ou "estruturas de fluxo", sendo que os considerados mais importantes envolvem a determinação de rotas mínimas, ou de custo mínimo. Essa classe de problemas geralmente se refere a redes de distribuição de algum produto, e conseqüentemente possuem uma significância econômica importante em aplicações reais na indústria.³

Mas a utilização de grafos não se restringe a aplicações tecnológicas. Diversos cientistas sociais utilizaram-se de modelos e/ou da terminologia de grafos para a análise dos padrões, ou da estrutura, de redes sociais. Giddens utiliza-se de diagramas gráficos para esclarecer o conceito de "circuitos de reprodução", termo já utilizado por Marx para esclarecer um desses circuitos, os "circuitos de capital", afirmando que "não há mal nenhum em pensar em tais circuitos como tendo algo em comum com os circuitos eletrônicos, os quais podem ser traçados num *display* visual – as técnicas gráficas de tempo-geografia poderiam, de fato, ser relevantes neste ponto".⁴

Claude Raffestin apresenta diversos trabalhos que se interessaram pela utilização dos grafos principalmente como instrumento metodológico para o mapeamento de relações

² BOAVENTURA NETTO, P. O. Op. cit. p. 2-5.

³ WAGNER, H. M. Principles of operation research. Prentice/Hall International, London, 1975 (2nd ed.) p. 169.

⁴ GIDDENS, A. Op. cit. p. 157-158.

políticas ou de poder, derivando índices de centralidade e de periferismo, sendo fácil perceber “o interesse que esses dois índices podem apresentar em matéria de análise do poder”, e que se constituem em “instrumentos cômodos”, mas ressalta que seriam insuficientes para o mapeamento de relações de poder em redes.⁵

J. A. Barnes, analisando o papel de redes sociais no processo político, utiliza conceitos de centralidade, densidade, árvore, limites e outros derivados da teoria dos grafos e ressalta a sua importância como instrumento analítico:

O termo “rede” é empregado como nome, ou parte do nome, de vários conceitos genericamente similares na “teoria dos gráficos” (*graph theory*), “rede comunicacional” e “rede de transportes”, mas nenhuma definição para o termo parece prevalecer. Parece-me que a sua utilização para um conceito sociológico similar é bastante legítima”.⁶

Loyola e Moura utilizam conceitos de redes e fluxo unidirecionais e bidirecionais⁷, e Leila Christina Dias se utiliza de conceitos de fluxo, de conexidade e de densidades de ligações ao se aprofundar nas questões relacionadas com as redes geográficas nacionais e internacionais de informação e comunicação, e no papel dessas redes “como um sistema, como uma forma de organização e, no lugar de considerá-la isoladamente, procurar sua relação com a urbanização, com a divisão territorial do trabalho e com a diferenciação crescente que essa divisão introduziu entre nações, regiões e cidades”.⁸

5.4 PADRÕES DE CONCENTRAÇÃO: GRÁFICOS DE DISPERSÃO

Normalmente os dados disponíveis sobre os sistemas de recursos naturais estão classificados em categorias de produção e de consumo (por exemplo, usinas de geração de eletricidade e consumidores residenciais, comerciais, industriais, públicos, etc.) cujas estatísticas mais comuns são o número de elementos em cada categoria e a produção (ou consumo) de um determinado recurso por aquela categoria. Uma vez que o conceito de concentração utilizado aqui é a relação entre a produção ou consumo de um determinado recurso e o número de produtores ou consumidores daquele recurso, foram elaborados

⁵ RAFFESTIN, C. Op. cit. p. 207.

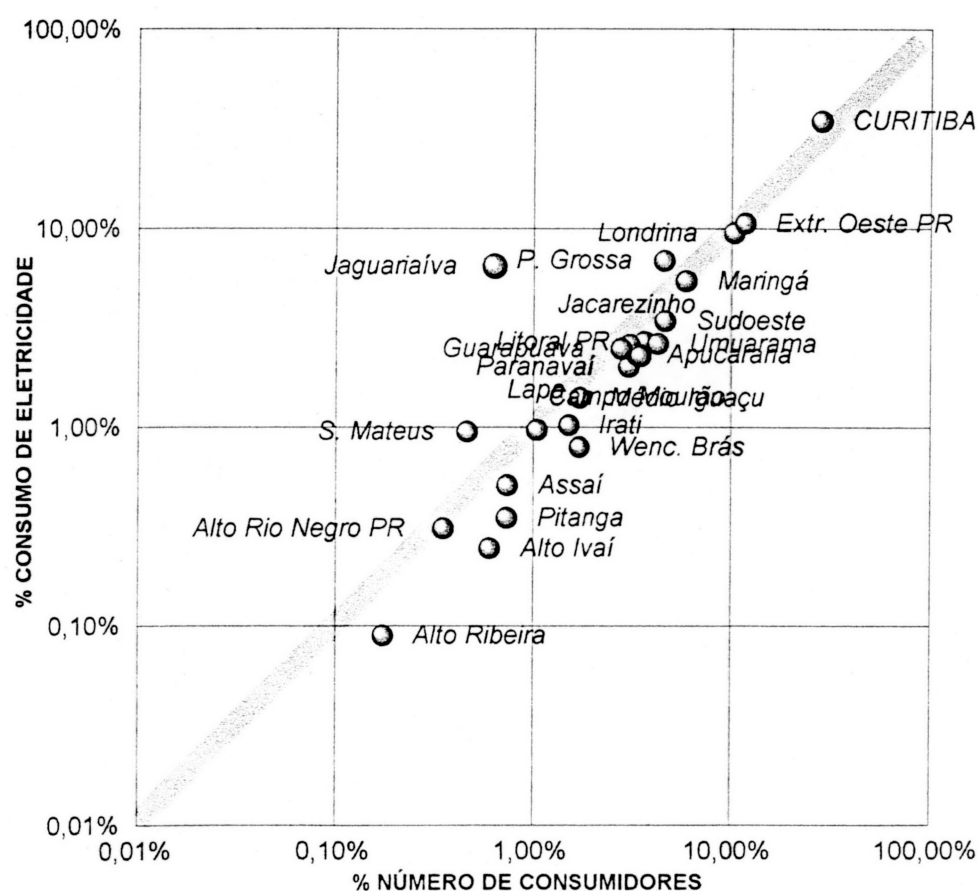
⁶ BARNES, J. A. Op. cit. p. 51-71.

⁷ LOIOLA, E. e MOURA S. Análise de redes: uma contribuição aos estudos organizacionais em FISCHER, T. (org.) Gestão contemporânea, cidades estratégicas e organizações locais. FGV, Rio de Janeiro, 1996.

⁸ DIAS, L. C. Redes geográficas nacionais e internacionais em Encontro Nacional de Produtores e

gráficos que mostravam essas relações para os diversos sistemas considerados, em diversas escalas e níveis de resolução. A esses gráficos demos o nome de gráficos de dispersão, seguindo a tendência da literatura especializada e de programas específicos de computador.⁹ Um exemplo desse tipo de gráfico está mostrado na figura abaixo, que mostra a concentração do consumo de energia elétrica nas diversas microrregiões homogêneas do estado do Paraná em 1998, elaborado a partir de dados do Informe Estatístico Anual da COPEL de 1998.

FIGURA 5.2 - EXEMPLO DE GRÁFICO DE DISPERSÃO



As escalas dos eixos do gráfico são normalizadas de forma a poder apresentar o universo dos elementos do sistema considerado. Assim, os valores de cada categoria são mostrados como percentagens do total do número de consumidores (eixo horizontal) e

percentagens do consumo (eixo vertical)), calculadas pela divisão do valor de cada categoria pelo total das categorias. Tal normalização permite que a tendência à dispersão uniforme (aquela sem qualquer padrão de concentração) seja indicada pela proximidade dos pontos em relação à diagonal do gráfico, onde a 1% dos consumidores corresponderia 1% dos recursos consumidos, 10% dos consumidores corresponderia 10% dos recursos, e assim por diante. Por outro lado, quanto mais afastados da diagonal na direção superior do gráfico em termos de distância geométrica, maior a concentração de recursos em cada categoria, e na direção inferior menor a concentração. A diagonal central do gráfico representa, na nossa simulada experiência das bolinhas de gude, a situação em que o piso estivesse perfeitamente nivelado, a distribuição uniforme; quanto mais afastado dela, maior a distorção do piso da sala.

No exemplo acima as regiões de Curitiba, Jaguariaíva, Ponta Grossa e São Mateus se mostram como as que mais concentram energia em relação ao número de consumidores. Como veremos oportunamente, isso indica a forte participação do consumo industrial no total regional.

Como o universo de categorias de produção e de consumo de um determinado recurso compreende elementos em uma gama muito variada de valores de fluxos e de número de elementos, abrangendo na maior parte das vezes 4 ordens de grandeza como o exemplo acima, a plotagem dessas categorias em escala aritmética não consegue mostrar a dispersão do conjunto. Com a finalidade de mostrar uma grande amplitude de escalas que caracteriza os sistemas de recursos naturais, os gráficos de dispersão são apresentados com suas escalas logarítmicas decimais. No entanto, o preço de um maior ângulo de visada é a perda do detalhe e a distorção da perspectiva linear. Note o leitor que a duplicação de uma ordenada gráfica significa sua multiplicação por expoentes de 10.

6 AS REDES DE RECURSOS NATURAIS DA RMC

6.1 O SURGIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

O processo de povoamento da RMC tem origem em Curitiba, fundada em 1693, e São José dos Pinhais, o núcleo de colonização mais antigo do Paraná, que se formou inicialmente voltado às práticas de extração de ouro, posteriormente para criação de gado, cultura da erva-mate e extração de madeira. A transformação da estrutura urbanística e mesmo do modo de vida regional, de calmo cenário provinciano para o processo de urbanização moderno, se originou por Curitiba. Em 1895 foram editadas as Posturas Municipais pela Prefeitura Municipal de Curitiba, que tratavam da poluição das águas, da coleta e disposição do lixo, do corte de árvores, da localização das fábricas, dentre outras medidas referentes ao meio urbano. Em 1919, é elaborado um zoneamento preliminar que dividia a área do município em zona urbana, suburbana e rocio.¹

Desde a vila colonial próxima a colônias de imigrantes, criadas por iniciativa imperial no século passado, como Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Colombo e Piraquara, o crescimento deu-se gradualmente e sem um plano urbanístico completo até 1943 com o "Plano Agache", a primeira experiência de planejamento urbano de Curitiba, que foi implantado parcialmente. Em meados de 1950, observava-se um nítido desenvolvimento linear na direção nordeste-sudoeste. A BR-116, a leste, servia de limite de contenção, ultrapassada por algumas manchas isoladas. Os demais núcleos da Região apresentavam-se bastante distanciados do tecido urbano de Curitiba, em um processo de urbanização incipientes.

Na década de 70 a malha urbana regional concentrava-se basicamente em Curitiba, que contava com 370 mil habitantes, seguida pelos núcleos urbanos de São José dos Pinhais, Campo Largo e Piraquara. Nesta época, em 1971, iniciava-se a implantação do Plano Preliminar de Urbanismo, elaborado em 1965 e em vigor até a atualidade, selecionado através de convocação promovida pela Prefeitura Municipal de Curitiba.

A RMC, juntamente com as outras oito regiões metropolitanas brasileiras, foi instituída pelo governo federal em 1973, através da Lei Complementar 14/73 e foi composta inicialmente por 14 municípios: Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva do

¹ TRINDADE, E.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, A C. et al. Cidade, homem, natureza : uma história das políticas ambientais de Curitiba. Curitiba, Unilivre, 1997.

Sul, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Contenda, Curitiba, Mandirituba, Quatro Barras, Piraquara, Rio Branco do Sul e São José dos Pinhais, que somavam quase 1 milhão de habitantes. No ano seguinte foi criada a COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, através de lei estadual, como órgão do governo estadual com a finalidade de planejar e realizar ações públicas integradas e articuladas de interesse comum da população e dos municípios que compõe a RMC.

Em 1999 a RMC já era composta por 25 municípios. Os limites da RMC foram determinados não só pela dinâmica existente entre o polo e os outros municípios da região. Na realidade, existem alguns municípios, mais próximos ao polo e com uma interação mais intensa e direta com ele, como São José dos Pinhais, Araucária, Piraquara, Pinhais, Colombo e, num outro grau de proximidade, Campo Largo.² Outros municípios, mais distantes, foram agregados por razões políticas, de forma a se alçarem a uma condição ou *status* privilegiado nos níveis de decisão política, diferenciando-os de outros municípios periféricos da região, a maior parte pobre e economicamente deprimidos no contexto estadual. Uma terceira classe de municípios surgiu nos últimos 10 anos por subdivisão de outros municípios mais antigos, como forma de acomodação de diversos grupos de poder que se situavam dentro do mesmo território municipal, em distritos de menor importância que a sede municipal não contíguos a ela. O fenômeno conhecido como “desmembramento urbano” permitiu que essas comarcas e distritos se separassem da sede municipal.³

A Tabela 6.1, mostrada na página seguinte, mostra informações demográficas sobre a RMC e seus municípios. Nota-se que a RMC é uma concentração populacional importante no estado do Paraná, uma vez que em 1996 já detinha cerca de 27% da população do estado ocupando apenas 6,72% de sua área. Internamente à RMC, Curitiba sempre se destacou como uma grande concentração populacional, abrigando em 1996 pouco mais de 60% dos habitantes da RMC em aproximadamente 3,22% do território. Em termos de distribuição populacional nos diversos municípios da RMC, a Tabela 6.1 mostra ainda que a maior parte dos municípios possuía até 1996 uma baixa densidade populacional em seu território, muito abaixo da média da RMC. Os municípios de Curitiba, Pinhais, Colombo e Fazenda Rio Grande, nessa ordem, apresentavam a maior concentração de habitantes em relação à área municipal, enquanto que Tunas do Paraná, Doutor Ulysses, Bocaiúva do Sul e Cerro Azul eram os de menor densidade populacional.

² MOURA, R.; ULTRAMARI, C. (org.); Metrópole – Grande Curitiba: teoria e prática. IPARDES, Curitiba, 1994, p. 30

³ *ibid*, p. 95.

TABELA 6.1 - ÁREA, POPULAÇÃO, DENSIDADE POPULACIONAL E TAXAS MÉDIAS ANUAIS DE CRESCIMENTO DOS MUNICÍPIOS DA RMC 1970 - 1996

						População						Crescimento Populacional (taxa média anual)		
	COD IBGE	MUNICÍPIOS	Ano de Fundação	Área (km²)	% da Área	1970	1980	1991	1996	% da População (1996)	Densidade (hab/km²)	1970-1980	1980-1991	1991-1996
1	00202	Adrianópolis	1960	1.423,00	10,61%	11.604	11.122	8.935	7.339	0,30%	5,16	-0,42%	-1,97%	-3,86%
2	00301	Agudos do Sul	1960	144,25	1,08%	#N/D	#N/D	#N/D	6.389	0,28%	44,29	#N/D	#N/D	#N/D
3	00400	Almirante Tamandaré	1956	523,00	3,90%	15.425	34.157	66.159	72.400	2,99%	138,43	8,27%	6,19%	1,82%
4	01804	Araucária	1890	461,00	3,44%	17.379	34.789	61.889	75.830	3,13%	164,49	7,19%	5,38%	4,15%
5	02307	Balsa Nova	1884	360,26	2,69%	4.736	5.293	7.515	8.737	0,36%	24,25	1,12%	3,24%	3,06%
6	03107	Bocaiúva do Sul	1890	831,69	6,20%	10.770	12.115	10.657	8.578	0,35%	10,31	1,18%	-1,16%	-4,25%
7	04006	Campina Grande do Sul	1883	600,84	4,48%	7.970	9.800	19.343	31.467	1,30%	52,37	2,09%	6,38%	10,22%
8	04204	Campo Largo	1870	1.192,00	8,89%	34.540	54.834	72.523	82.708	3,41%	69,39	4,73%	2,57%	2,66%
9	04253	Campo Magro	1996	223,00	1,66%	#N/D	#N/D	#N/D	16.393	0,68%	73,51	#N/D	#N/D	#N/D
10	05201	Cerro Azul	1897	1.244,00	9,28%	18.407	20.006	21.073	17.109	0,71%	13,75	0,84%	0,47%	-4,08%
11	05805	Colombo	1890	199,00	1,48%	19.296	62.882	117.767	153.641	6,34%	772,06	12,54%	5,87%	5,46%
12	06209	Contenda	1951	206,00	1,54%	7.269	7.558	8.941	12.336	0,51%	59,88	0,39%	1,54%	6,65%
13	06902	Curitiba	1693	432,00	3,22%	624.821	1.024.980	1.315.034	1.470.976	60,69%	3.405,04	5,07%	2,29%	2,27%
14	28633	Doutor Ulysses	1990	779,00	5,81%	#N/D	#N/D	#N/D	5.666	0,23%	7,27	#N/D	#N/D	#N/D
15	07652	Fazenda Rio Grande	1993	127,04	0,95%	#N/D	#N/D	#N/D	45.154	1,86%	355,43	#N/D	#N/D	#N/D
16	11258	Itaperuçu	1990	515,00	3,84%	#N/D	#N/D	#N/D	17.610	0,73%	34,19	#N/D	#N/D	#N/D
17	14302	Mandirituba	1961	394,00	2,94%	11.036	15.444	38.336	15.218	0,63%	38,62	3,42%	8,62%	-16,87%
18	19152	Pinhais	1993	65,56	0,49%	#N/D	#N/D	#N/D	89.304	3,68%	1.362,16	#N/D	#N/D	#N/D
19	19509	Piraquara	1890	224,85	1,68%	21.532	70.641	106.882	52.474	2,17%	233,37	12,62%	3,84%	-13,26%
20	20804	Quatro Barras	1981	169,45	1,26%	4.103	5.717	10.007	13.903	0,57%	82,04	3,37%	5,22%	6,80%
21	21208	Quitandinha	1961	452,00	3,37%	10.865	12.395	14.418	14.050	0,58%	31,08	1,33%	1,38%	-0,52%
22	22206	Rio Branco do Sul	1871	635,28	4,74%	25.327	31.780	38.296	23.210	0,96%	36,53	2,30%	1,71%	-9,53%
23	25506	São José dos Pinhais	1853	899,00	6,70%	#N/D	#N/D	#N/D	168.161	6,94%	187,05	#N/D	#N/D	#N/D
24	27601	Tijucas do Sul	1951	686,00	5,12%	7.950	8.001	10.224	11.562	0,48%	16,85	0,06%	2,25%	2,49%
25	27882	Tunas do Paraná	1990	623,25	4,65%	#N/D	#N/D	#N/D	3.427	0,14%	5,50	#N/D	#N/D	#N/D
Total RMC			1973	13.410,47	100,00%	853.030	1.421.514	1.927.999	2.423.635	100,00%	180,73	5,24%	2,81%	4,68%
RMC sem Curitiba				12.978,47	96,78%	228.209	396.534	612.965	952.659	39,31%	73,40	5,68%	4,04%	9,22%
Paraná				199.709,10	6,72%	6.992.965	7.629.849	8.448.620	9.003.804	26,92%	45,08	0,88%	0,93%	1,28%
BRASIL				8.547.403,50		94.461.969	119.011.052	146.815.747	157.070.163		18,38	2,34%	1,93%	1,36%

FONTE: IBGE, IPARDES

- NOTAS:
1. Os dados populacionais de 1996 foram calculados pela média dos dados do IPARDES e do IBGE, que apresentavam pequenas discrepâncias.
 2. A percentagem da área do Paraná se refere ao percentual da área da RMC em relação à área total do estado.
 3. A percentagem da população do Paraná em 1996 se refere ao percentual da população da RMC em relação à população total do estado.
 4. #N/D = dado não disponível.

6.2 O PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO DE CURITIBA: MOVIMENTO EM MUITAS ESCALAS

É importante se ter em perspectiva que o surgimento da RMC está na verdade associado a outros processos que ocorriam em escala nacional, e mesmo internacional, ligados às políticas de desenvolvimento fundamentadas no incremento do parque industrial brasileiro. A estratégia empregada para o controle sobre recursos importantes para o desenvolvimento industrial nacional, a partir de 1964, incluiu um aparato montado para a concepção, construção e instalação de empreendimentos de infra-estrutura de grande porte baseado na criação de empresas estatais e no fomento a um setor específico da construção pesada que acabou dominando grande parte dos investimentos de vulto realizados pelo estado por mais de 20 anos. De longe, o programa nuclear, as grandes hidrelétricas, principalmente Itaipú e Tucuruí, e os projetos da PETROBRAS formaram a maior fatia dos programas de investimento definidos nos PNDs I e II. O restante dos projetos foram, na maioria, desenhados para o consumo intensivo dessa potência instalada, sendo projetos das áreas do cimento, pólos petroquímicos, produção de alumínio, ferrovias e malhas de transporte, principalmente. Uns poucos se concentraram nas áreas de comunicações, indústria naval, agropecuária e social. Esses projetos não estavam subordinados à "lógica da rentabilidade privada", devido aos incentivos públicos e à política de equalização de tarifas.⁴

Os governos militares que se seguiram ao golpe de 64 impuseram um autoritarismo crescente, correspondendo à gradual ascendência dos militares radicalizantes da direita corporativista sobre os da centro-direita liberal. As facilidades e aberturas ao capital estrangeiro se dão, a partir do segundo governo (1968), em escala sem precedentes, constituindo um dos dois esteios da capitalização/modernização planejada para a economia do país. O outro é constituído pelas estatais:

O panorama geral da economia mostra um universo de empresas estatais se fortalecendo ao longo desse período, em um movimento que (...) evidencia forças históricas incontestáveis. As estatais nutriam-se da 'resultante' ideológica favorável, prosperavam, ingressavam num universo em que imperava a lógica do impulso do realizar, modernizar, crescer, cultivar-se. Nascia um patriciado técnico com sua dose de arrogância. Enquanto isso, os instrumentos de controle da sociedade sobre os atores do jogo econômico, de débeis que sempre foram, estavam agora em eclipse. No terceiro Governo de Junta Militar Informal (1970-1973) as estatais, inclusive no Setor Elétrico, passaram a ser atreladas aos programas megalômanos que se foram tornando moda. (...) São, coincidentemente, os anos de paz e de ouro nas estatais.⁵

⁴ PIQUET, R. P. S. Reestruturação do espaço regional e urbano no Brasil - o papel do estado e dos grandes investimentos. UFRJ/IPPUR, Rio de Janeiro, 1993, p.16.

⁵ WAISMAN D. A lobotomização do dinossauro - ascensão e queda do setor elétrico nacional estatal:

Um critério fundamental com o qual foram avaliados os grandes projetos foi o da economia de escala, fazendo com que num período atípico de baixos juros no mercado internacional, um grande projeto hidrelétrico passasse a apresentar custos marginais inferiores a um conjunto de aproveitamentos menores, distribuídos no espaço e no tempo, com a mesma potência instalada total. No entanto, em um ambiente politicamente favorável e controlado, as “externalidades”, ou seja, todos os outros custos que não os diretamente associados aos projetos, como os custos sociais de longo prazo, os custos ambientais, e os custos de alternativas tecnológicas, ou foram minimamente incluídos, ou simplesmente desconsiderados.⁶ Os estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA) dos grandes projetos de infra-estrutura, por exemplo, só começaram a ser exigidos por lei no Brasil a partir da resolução 001 do CONAMA, de 1986.

No setor elétrico grandes projetos foram planejados e articulados centralizadamente numa escala nacional, visando a geração de grandes blocos de energia e a sua transmissão para os centros industrializados de São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. Tais empreendimentos guardavam pouca ou nenhuma relação com as condições sócio-econômicas das regiões onde foram implantados, impondo uma nova racionalidade, exógena e fortemente centralizada, tanto do ponto de vista político-administrativo como do ponto de vista infraestrutural e físico. Uma certa concentração geográfica contribuía para a centralização do controle sobre esses empreendimentos, uma vez que no Rio de Janeiro estava sediada a maior parte dos quadros superiores de FURNAS, ELETROBRÁS, CHESF, ELETROSUL, ELETRONORTE e PETROBRAS, e das empresas de consultoria e de engenharia, na maior parte subsidiárias de empresas internacionais. Refletindo o gosto da época, rejeitava-se os aspectos políticos regionais, tomados por seus “ângulos provincianos e demagógicos” e que cheiravam a “paroquialismo”, o demônio que os sistemas hierárquicos globalizados sempre procuraram exorcizar.⁷

A partir do II PND (1974), que visava preparar as principais cidades do país para a industrialização, o governo federal passa a desenvolver uma política de desconcentração industrial, acompanhando um movimento de desconcentração e de expansão da metrópole paulista. Clélio Campolina Diniz identifica a ocorrência, durante os anos da crise de 80, de um processo de desconcentração das atividades econômicas originado principalmente no

Um Ensaio Histórico e Político. Mimeo, 1980, p. 22.

⁶ HADDAD, P. R. Regiões, regionalismo e desequilíbrios espaciais de desenvolvimento: algumas reflexões. “Caminhos do Desenvolvimento Econômico de Curitiba”, 1999, Curitiba, p. 265-266.

Estado de São Paulo a partir do transbordamento de sua principal região metropolitana. Este processo não atinge indiscriminadamente todos os espaços nacionais; ele se circunscreve especialmente a uma área compreendida pelas linhas imaginárias de um polígono constituído pelas seguintes cidades: Belo Horizonte - Uberlândia - Londrina/ Maringá - Porto Alegre - Florianópolis - São José dos Campos - Belo Horizonte, conformando um processo de "desconcentração concentrada". Segundo o autor, esta região, excluída a área metropolitana de São Paulo, ampliou sua participação na produção industrial do País de 32% para 45% entre 1970 e 1989. Este fenômeno estaria longe de representar um desenvolvimento regional equilibrado. Na verdade, o autor prognosticava que este polígono continuaria sendo, nos anos que se seguiriam, o *locus* privilegiado dos novos investimentos que viessem a ocorrer no País, e que face a uma tendência à reconcentração das atividades modernas na área desenvolvida do Brasil, existiriam fortes restrições à expansão do polígono por outros espaços.⁸

Destacam-se, entre os fatos que contribuíram para o incremento industrial e populacional da RMC, as transformações no espaço rural do estado do Paraná, onde a modernização da agricultura subordinou-a à indústria no que se convencionou chamar de agroindústria, e a criação, no início dos anos 70, de mecanismos institucionais de financiamento ao setor industrial e à infra-estrutura básica, tais como energia elétrica, ferrovias, rodovias, comunicação etc., por parte do setor estatal. Foi criada, naquele tempo, a CODEPAR - Companhia de Desenvolvimento do Paraná - transformada depois em BADEP - Banco de Desenvolvimento do Paraná - que financiou, entre outras coisas, a criação da CIC - Cidade Industrial de Curitiba, em 1973. Com a instituição BADEP, criou-se as condições para a superação das necessidades de financiamento do desenvolvimento econômico da região. Os objetivos da implantação da CIC foram assegurar respaldo econômico ao processo de desenvolvimento urbano do município e proporcionar um aumento substancial na oferta de empregos, a fim de absorver a mão-de-obra e minimizar os efeitos negativos decorrentes da sobrecarga das estruturas urbanas, que acompanhava o esvaziamento do campo.

A RMC, na metade da década de 70, já gerava o dobro do esforço produtivo dos outros dois pólos industriais do interior do estado - Londrina e Maringá - combinados. O avanço da participação da RMC a partir daí, determinado pela maturação dos investimentos no setor cimenteiro, pela instalação da refinaria da PETROBRAS em Araucária e pela

⁷ WAISMAN, D. op. cit. p. 26

⁸ DINIZ, C. C. Desenvolvimento poligonal no Brasil : nem desconcentração nem continua polarização. Nova Economia, Belo Horizonte, UFMG, v.3, n.1, 1993. p. 45.

consolidação da CIC e das economias de aglomeração, só aumentaram essa centralização. Em 1994, as quatro principais microrregiões do interior (Ponta Grossa, Londrina, Maringá e Extremo Oeste) contribuíram com 22,1% do valor adicionado industrial estadual, o que correspondeu a pouco mais de um terço da representatividade da RMC (58,3%).⁹

6.3 A CONCENTRAÇÃO DO CONSUMO DE RECURSOS PELA INDÚSTRIA

6.3.1 Concentrações Industriais

O crescimento e a concentração do fluxo de recursos naturais na RMC, como água e energia, esteve associado ao rápido processo de industrialização. Estudos realizados pela UNILIVRE - Universidade Livre do Meio Ambiente – em 1996, sobre o padrão de concentração do consumo de alguns tipos de recursos pelas indústrias estabelecidas na RMC, revelaram a importância que o setor industrial de Curitiba, e a CIC em particular, assumiram na concentração regional.¹⁰ Esses estudos foram realizados a partir de dados primários colhidos dos cadastros comerciais das empresas de suprimento de recursos, como SANEPAR e COPEL. Também foram considerados, para comparação, a participação de cada setor industrial e de cada município na composição do PIB industrial da RMC, obtidos dos trabalhos do Departamento de Planejamento e Informações da Secretaria Municipal de Indústria, Comércio e Turismo de Curitiba, ajustados para os setores observados. As tabelas a seguir, extraídas desses estudos, mostram as percentagens de utilização de recursos hídricos e energéticos por setores da indústria como um todo e pelos setores industriais dos diversos municípios da RMC.

⁹ LOURENÇO G. M. Atração de empresas e concentração industrial no Paraná. Análise Conjuntural, v. 18, n. 11-12, IPARDES, Curitiba. nov/dez 1996, p. 3-4.

¹⁰ UNILIVRE. Programa de atração de indústrias ambientais para a Região Metropolitana de Curitiba. 1996 (projeto coordenado pelo autor; dados não divulgados até agora).

TABELA 6.2 - UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS POR SETORES INDUSTRIAIS NA RMC - 1995 (%)

Setores Industriais da RMC	Água	Energia Elétrica	Combustíveis	PIB RMC
Química/Fármaco/Perfumaria	17,67%	15,61%	15,96%	26,51%
Não-metálicos (cimento, cal, cerâmica)	4,41%	14,38%	51,26%	9,92%
Mecânica	9,63%	7,55%	0,56%	7,61%
Alimentos	8,87%	14,98%	12,29%	5,94%
Materiais de Transporte	1,67%	2,87%	0,31%	15,84%
Eleto-Eletrônica	4,69%	3,65%	0,13%	6,32%
Madeira e Mobiliário	5,83%	8,40%	4,91%	5,65%
Papel/Celulose/Gráfica	2,76%	6,66%	10,34%	3,71%
Bebidas/Fumo	27,27%	1,70%	1,40%	8,30%
Outras (inclui borrachas, couros e plásticos)	4,20%	13,31%	1,35%	5,57%
Metalurgia e Siderurgia	8,48%	8,00%	1,04%	3,28%
Têxtil/Confecções	4,51%	2,89%	0,46%	1,35%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

FONTE: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996

TABELA 6.3 - UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS PELO SETOR INDUSTRIAL NOS MUNICÍPIOS DA RMC - 1995

Município	Água	Energia Elétrica	Combustíveis	População	% PIB da RMC
CURITIBA	77,22%	54,86%	17,88%	63,18%	56,05%
ARAUCARIA	11,50%	9,51%	27,01%	3,38%	27,26%
RIO BRANCO SUL	0,00%	4,11%	24,10%	1,35%	2,31%
S.JOSE PINHAIS	4,40%	9,78%	1,70%	6,98%	5,13%
COLOMBO	1,60%	3,86%	9,30%	6,52%	1,75%
CAMPO LARGO	1,38%	2,63%	4,63%	3,56%	2,53%
PINHAIS	1,38%	7,16%	0,00%	3,83%	1,51%
ALM. TAMANDARE	0,59%	2,00%	8,06%	3,72%	0,65%
BALSA NOVA	0,01%	1,72%	7,10%	0,38%	1,21%
CAMP.G. DO SUL	0,56%	1,29%	0,09%	1,16%	0,25%
QUATRO BARRAS	0,36%	0,41%	0,11%	0,56%	0,66%
PIRAQUARA	0,62%	0,36%	0,00%	1,64%	0,11%
FAZ. RIO GRANDE	0,14%	0,77%	0,00%	1,66%	0,01%
ITAPERUÇU	0,01%	0,80%	0,00%	0,51%	0,52%
MANDIRITUBA	0,15%	0,47%	0,00%	0,68%	0,01%
CONTENDA	0,00%	0,14%	0,03%	0,42%	0,03%
BOCAIUVA DO SUL	0,07%	0,05%	0,00%	0,34%	0,00%
TUNAS	0,01%	0,08%	0,00%	0,13%	0,00%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

FONTE: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996

6.3.2 Recursos Hídricos

Enquanto o suprimento de água e coleta e tratamento de esgotos na RMC para o setor residencial e comercial, até o final dos anos 90, esteve majoritariamente sob controle de uma empresa estatal – a SANEPAR –, para alguns consumidores nessas classes e para o setor industrial, de forma dominante, o suprimento sempre se caracterizou como privado, com grandes concentrações de fluxo, com um número significativo de sistemas independentes envolvendo grandes volumes concentrados em um número relativamente reduzido de empresas.

Os estudos da UNILIVRE, baseados em informações dos bancos de dados comerciais da SANEPAR, mostram que das 1.972 ligações industriais atendidas pelo sistema público em 1995, correspondendo a um consumo de 6,48 milhões de m³, cerca de 10% das ligações (algo em torno de 200 empresas) são responsáveis por aproximadamente 90% do consumo. Os setores de bebidas e química se destacam como maiores consumidores, seguidos pelos setores de alimentos, mecânica, metalurgia, eletro-eletrônica, têxtil, madeira, não-metálicos, plásticos, papel e celulose e fumo, estes já em um nível de grandeza inferior. Os setores de bebidas, têxtil e fumo são os que apresentam maior concentração de consumo. No que diz respeito aos padrões de concentração no setor industrial dos municípios da RMC, Curitiba se destaca por sediar o maior número de empresas, o que acaba por determinar o padrão médio de consumo industrial da região. A CIC hospeda a maior concentração de consumo industrial de água do sistema SANEPAR, seguida por Araucária e por Campo Largo, este numa escala inferior. Um outro padrão de consumo é observado com relação aos demais municípios, onde se destaca São José dos Pinhais pelo número de consumidores.

No entanto, a SANEPAR não é responsável pelo suprimento da maior parte do consumo industrial de água na RMC. Das cerca de 8.000 empresas do setor industrial estabelecidas na RMC que constam como consumidores industriais de eletricidade (já eliminando cerca de 3.000 que correspondem às construções civis), somente 2.000 eram abastecidas pela SANEPAR em 1995. As indústrias também se utilizam dos aquíferos subterrâneos, em proporção muito maior até do que o abastecimento direto da SANEPAR. Os levantamentos de campo realizados pelo estudo da UNILIVRE em 1996 avaliaram, a nível de amostragem, a proporção entre o suprimento industrial a partir da rede pública comparativamente ao suprimento particular em 30 indústrias da RMC e concluíram que para as empresas pesquisadas dos setores de papel/celulose, química e extração mineral, o

abastecimento próprio direto é muito mais significativo do que o suprimento a partir da rede pública, chegando a ser potencialmente cerca de 20 vezes maior. O estudo apontou ainda que para um número significativo de consumidores industriais é mais interessante o abastecimento através de sistemas próprios de água ao invés do sistema público. Isto pode ocorrer devido a custos menores, qualidade diferenciada requerida, por razões estratégicas, por estarem distantes do sistema público ou ainda por este não ter capacidade operacional para efetuar tal abastecimento.¹¹

É importante observar que, se para esse conjunto amostral de empresas do setor industrial a limitação de capacidade do sistema público de abastecimento de água não tem sido impedimento para a expansão, a disponibilidade hídrica global da região, por outro lado, passa a ser motivo de preocupação no final da década de 90. O PDA – Plano Diretor de Águas da RMC, elaborado pela SANEPAR em 1992, considera a demanda industrial situando-se, no máximo, em torno de 5% da demanda doméstica, enquanto que o Projeto JICA a estima em torno de 60%.

6.3.3 Recursos Energéticos

O consumo de recursos energéticos no estado naturalmente reflete não só a concentração no setor industrial, como também uma concentração de consumo na RMC, como mostram as figuras abaixo. Relativamente ao consumo setorial, das 15.372.000 tEP (tonelada Equivalente de Petróleo) utilizadas no Estado em 1998, o setor industrial absorveu 32,5%, o de transportes 25,1%, o residencial 13,4%, o energético 7,5%, o comercial e público 7,8%, o agropecuário 4,9% e as perdas e a utilização não energética 8,8%. As principais fontes energéticas utilizadas no setor industrial, foram: a eletricidade com 38,7%, seguido do óleo combustível 14,3%, lenha 13,6%, resíduos da madeira 12,9%, bagaço da cana 14,0% e os outros 6,5%. No setor de transportes, o segmento rodoviário foi responsável por 89% do consumo de energia em 1998. Devido as restrições de oferta, da diminuição do consumo residencial e das substituições por outras fontes energéticas em alguns segmentos industriais, a lenha que em 1980 participava com 24,4% decresceu em 1998 para 12,8%. Segundo a COPEL, o consumo residencial em 1998, foi de 2.057 tEP, sendo que o principal insumo utilizado nessa classe foi a energia elétrica, em função da aquisição de aparelhos eletro-eletrônicos domésticos; o consumo de lenha vem decrescendo

¹¹ Ibid. p. 3-13.

em relação ao de GLP em face da substituição do fogão à lenha por fogão a gás.¹²

FIGURA 6.1 - CONSUMO SETORIAL DE RECURSOS ENERGÉTICOS NO PARANÁ - 1998

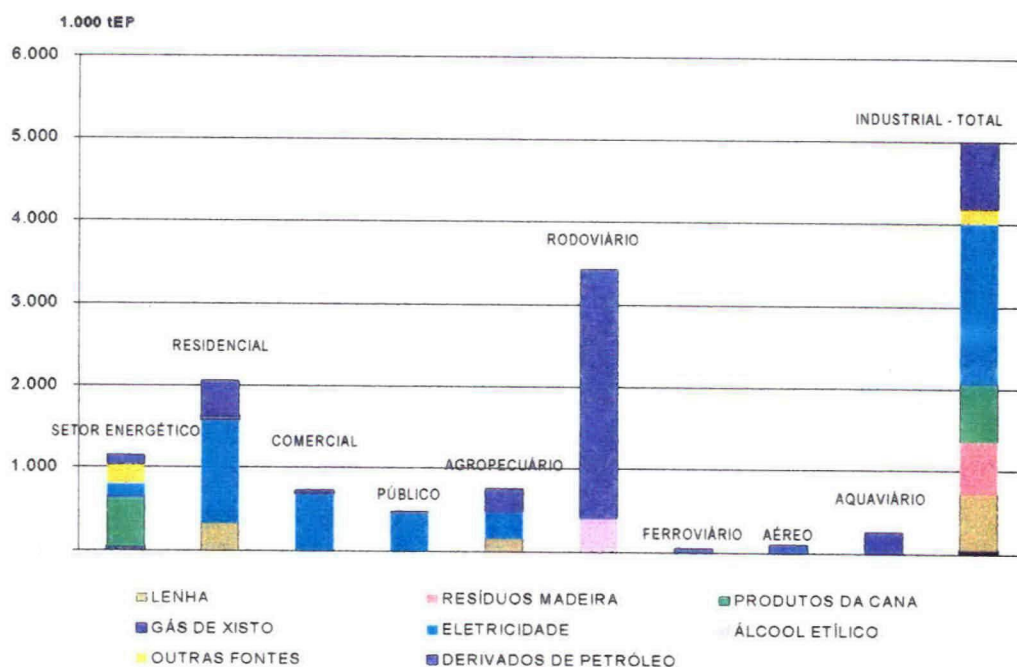
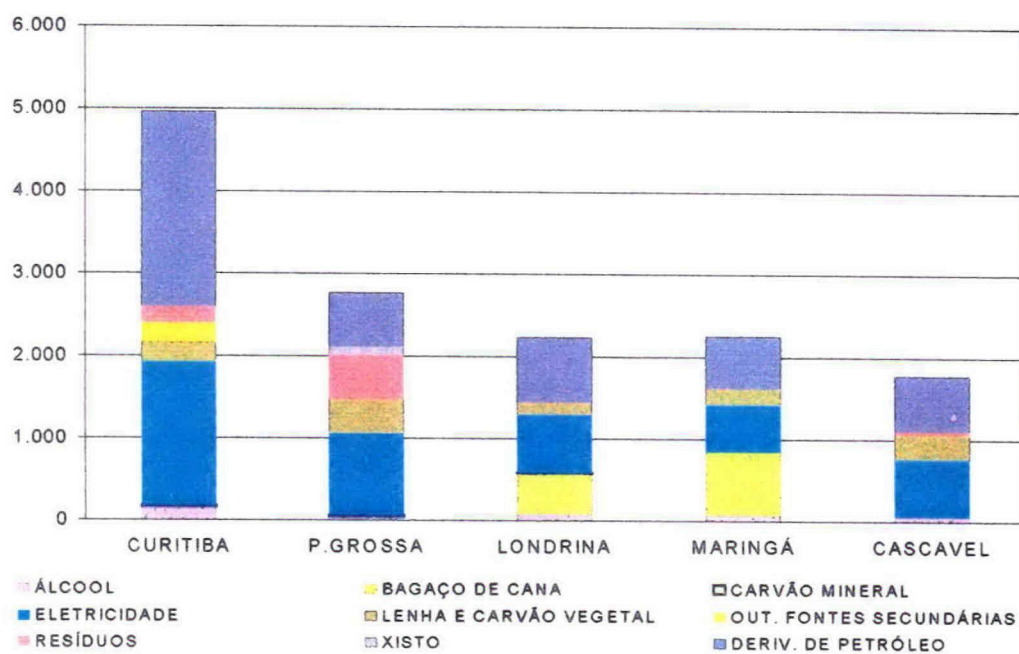


FIGURA 6.2 - CONSUMO ENERGÉTICO POR REGIÃO NO PARANÁ - 1998



FONTE: Balanço Energético do Paraná 1980-1996, COPEL, 1997

NOTA: tEP = tonelada Equivalente de Petróleo

¹² COPEL. Balanço energético do Paraná 1980-1998 Curitiba, 1999.

Na distribuição regional do Paraná em 1998, a região de Curitiba foi responsável por 35,4% do consumo, enquanto que as demais regiões apresentaram a seguinte participação em relação ao consumo energético final no estado: Ponta Grossa 19,8%, Londrina 16,0%, Maringá 16,1% e Cascavel 12,7%.

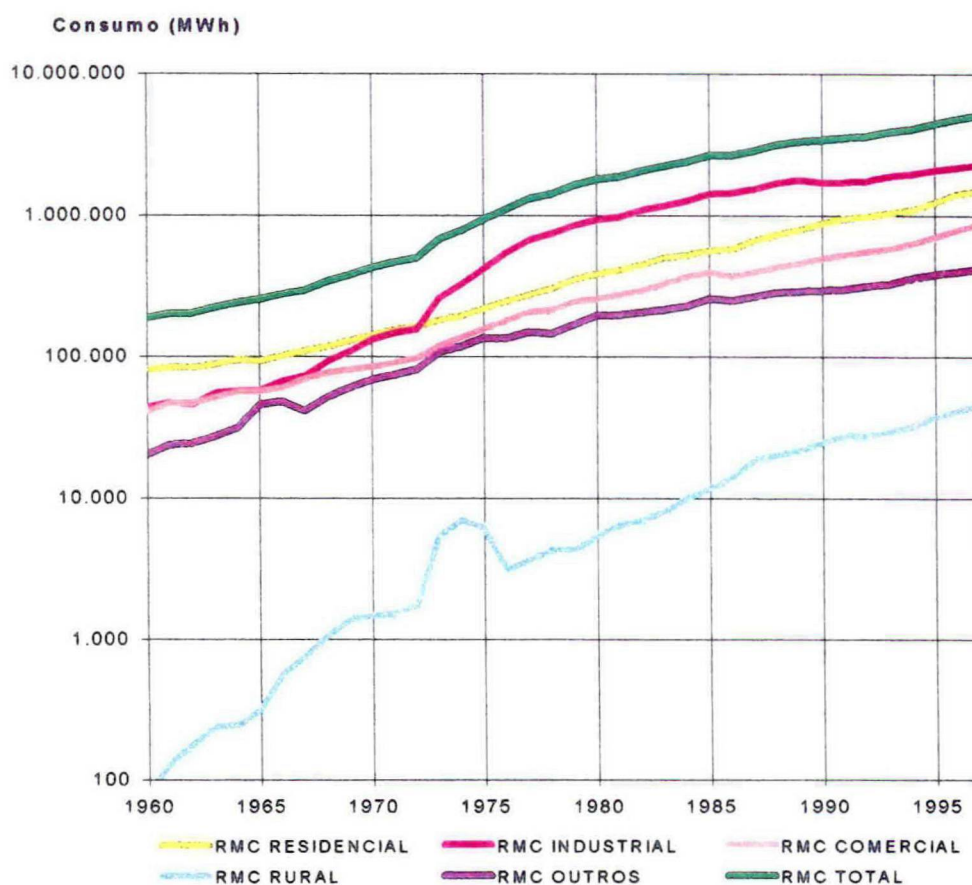
Os estudos da UNILIVRE de 1996, com base em informações de 1995 do Departamento de Energias Alternativas da COPEL sobre a utilização de diversos tipos de combustíveis por cerca de 180 indústrias, mostraram que 10% das empresas consomem cerca de 73% da energia produzida por esses diversos combustíveis, o que caracteriza um mercado altamente concentrado. Também foi evidenciado que, no segmento industrial da RMC em 1995, os setores de minerais não-metálicos, química, alimentos, papel e celulose e madeira são os maiores consumidores de combustíveis, enquanto os três primeiros são também os que maior concentração apresentam. Os municípios de Araucária, Rio Branco do Sul e Balsa Nova, em virtude do seu perfil industrial associado às indústrias cimenteiras, de cal, química e de alimentos são os que apresentam as maiores concentrações do consumo de combustíveis, com conseqüências sobre a qualidade do ar naqueles municípios. Vale notar que, embora de forma não tão concentrada, o setor industrial de Curitiba é também grande consumidor, ao passo que a CIC não se configura nem como intenso consumidor de combustíveis, nem como concentração regional importante desse recurso energético.¹³

No que diz respeito ao consumo de eletricidade na RMC, uma análise sobre a evolução desde o início da década de 60 do comportamento relativo das diversas classes de consumo permite revelar o grande salto da indústria nos anos 70. A figura a seguir mostra a evolução anual do consumo de eletricidade nos 15 principais municípios da RMC entre os anos de 1960 e 1998, para diversas categorias de consumo, conforme mostra a legenda. É importante notar que a escala do consumo é logarítmica, uma vez que o gráfico pretende mostrar as escalas relativas das diversas categorias. Neste gráfico a taxa de crescimento de cada categoria de consumo é dada pela declividade média da linha entre os anos considerados.

Observa-se que o consumo residencial apresenta um padrão aproximadamente uniforme de crescimento com uma taxa média anual de 9,08% e multiplicando mais de 27 vezes nesse período. Com um comportamento aproximadamente igual, as classes de consumo comercial e "outros" (poderes públicos, serviços públicos, iluminação pública, etc.) acompanharam de perto essa tendência com taxas de crescimento anual respectivamente

iguais a 8,36% e 8,34%. O consumo rural situa-se diversas ordens de magnitude abaixo do consumo das outras classes, porém foi o que mais cresceu no período, com uma taxa média anual de 18,05%. Exibiu uma tendência geral de crescimento uniforme, embora no período 1972-76 tenha refletido o efeito da expansão dos perímetros urbanos de diversos municípios, principalmente de Campo Largo, o que causou uma reclassificação dos consumidores rurais para outras classes, principalmente residencial. Destoando deste padrão uniforme, o consumo industrial cresceu de maneira muito pronunciada entre 1972 e 1980, com taxa média anual de 25,02%; em 1966 ultrapassou o consumo comercial e em 1973 o residencial; Entre 1989 e 1992 o setor praticamente estacionou, ensaiando uma leve recuperação mais recentemente. A taxa média de crescimento anual entre 1960 e 1998 foi de 10,91%.

FIGURA 6.3 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NA RMC ENTRE 1960 E 1998



FONTE: Gráfico elaborado a partir de dados do Informe Estatístico 1960-1998, COPEL, 1999

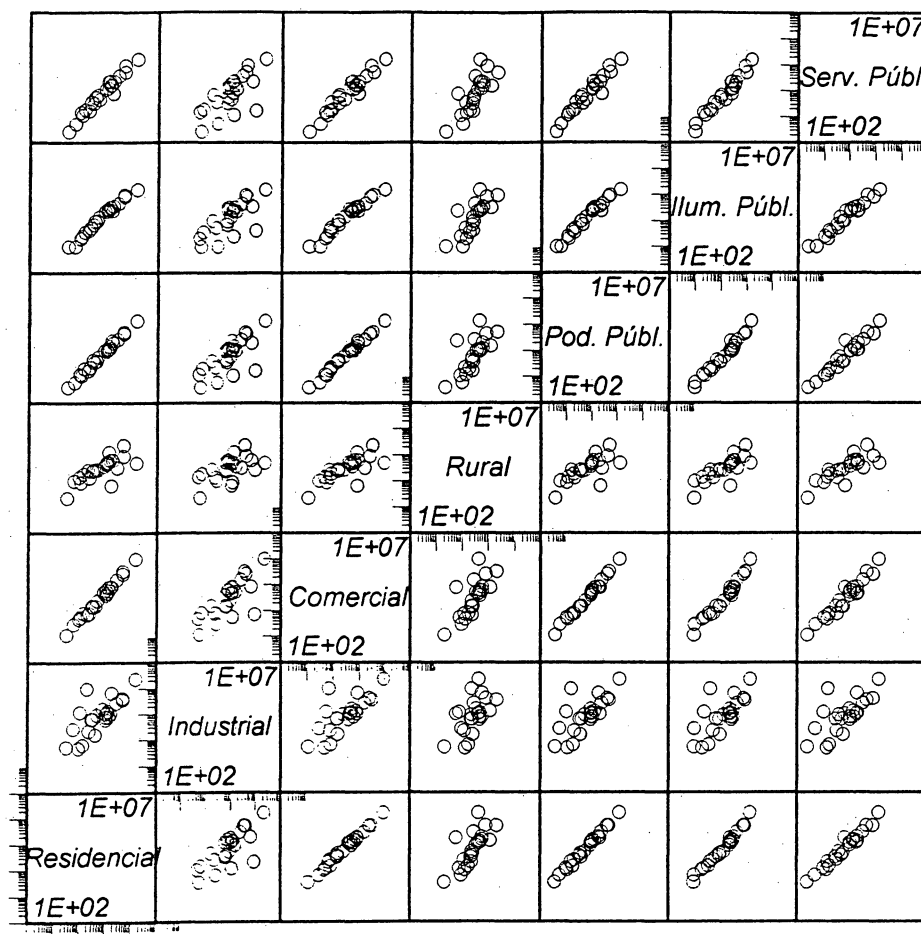
¹³ UNILIVRE op. cit. p. 3-32.

Os estudos da UNILIVRE avaliaram também os padrões de uso de energia elétrica pelas indústrias da RMC, e foram desenvolvidos principalmente com base nas informações dos bancos de dados comerciais da COPEL, com cerca de 12.000 consumidores industriais correspondendo a 2.600 GWh referentes ao consumo de 1995, e em levantamentos de campo realizados junto a empresas representativas. Esses estudos revelaram que o grau de concentração do consumo industrial de energia elétrica na RMC é alto, onde cerca de 20% dos consumidores industriais são responsáveis por aproximadamente 90% do consumo, representando cerca de 2.400 empresas.

Os setores que mais consumiram eletricidade em 1995 foram: não-metálicos (cimento, cal, cerâmica), alimentos, plásticos, química, metalurgia e mecânica. Os setores que apresentaram maior concentração de consumo foram: fumo, papel e celulose, química e plásticos. Destaca-se o grande número de consumidores industriais no setor de construção, que representam obras individuais de construção civil (prédios, residências, edificações, etc.). No que diz respeito às concentrações espaciais nos setores industriais dos municípios da RMC, nota-se o grande consumo de Curitiba, porém com baixo grau de concentração em relação ao número de empresas, seguido pela CIC (analisada separadamente de Curitiba), São J. dos Pinhais, Araucária, Colombo e Rio Branco do Sul. As localidades que em 1995 concentravam o maior consumo por número de empresas foram a CIC, Araucária e Rio Branco do Sul.

Finalmente, procurou-se, neste trabalho, determinar correlações entre o consumo industrial de energia elétrica e o consumo por outras classes de consumo de eletricidade nas diversas regiões homogêneas do Paraná, na busca de fatores que sugerissem algum tipo de comportamento regional associado. A figura abaixo mostra, de forma condensada, 42 dessas correlações para as diversas classes de consumo de eletricidade entre si nas microrregiões homogêneas do estado no ano de 1998. Dela depreende-se que o consumo industrial é o que menor correlação apresenta com qualquer outra classe de consumo, seguida pela classe de consumo rural, o que indica que o comportamento do consumo industrial tem um alto grau de liberdade em relação a variáveis como o consumo residencial, comercial, rural ou de serviços em todas as microrregiões. Isso significaria que o consumo industrial é praticamente independente dessas variáveis, sendo associado, portanto, a outros fatores que não os correspondentes a dinâmicas regionais mais gerais.

FIGURA 6.4 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO MÚLTIPLA ENTRE O CONSUMO DE ELETRICIDADE PARA DIVERSAS CLASSES DE CONSUMO NAS MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS DO PARANÁ - 1998



FONTE: Gráfico preparado em dados do Informe Estatístico 1998, COPEL, 1999.

6.4 O SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS NA RMC

6.4.1 Recursos Hídricos – Centralidades e Expansão

No que diz respeito à disponibilidade natural de recursos hídricos, a região de Curitiba sempre os teve em abundância: o Primeiro Planalto Paranaense é considerado uma das regiões geográficas do planeta bem regadas por chuvas, com distribuição espacial bem caracterizada do fenômeno e média de precipitação de 1.354 mm, o que significa excedentes de oferta hídrica. Essa abundância possibilitou que o crescimento da cidade se realizasse em grande medida contando com o abastecimento d'água a partir de fontes locais, próximas aos centros de consumo. No entanto, a partir do final da década de 50, já ocorriam déficits de suprimento de água para Curitiba. Estudos realizados em 1958 identificaram as nascentes do rio Iguaçu, localizadas próximos à Serra do Mar como o único manancial técnica e economicamente capaz de resolver definitivamente o problema do abastecimento d'água da capital.¹⁴

A situação do saneamento básico do Paraná no início da década de 60 era bastante precária, com 8,3% da população servida por redes de água e apenas 4,1% por redes de esgoto. Das 221 sedes municipais, 13 possuíam ambos os serviços e 37 somente o de água. Das 20 cidades mais populosas apenas 11 possuíam serviços de água satisfatórios. Em Curitiba, a cidade mais bem servida do estado, havia uma população não abastecida por água da ordem de 100 mil habitantes, enquanto que 160 mil não dispunham de rede de esgoto. A rede de distribuição de água na Capital somava 526.211 metros, enquanto que a soma de todas as redes do interior chegava a 336.387 metros, no total atendendo a aproximadamente 26% da população do estado. É importante notar, entretanto, que nessa época a população paranaense era iminentemente rural e grande parte dos serviços de abastecimento d'água eram operados pelos próprios municípios ou por comunidades no interior.¹⁵

As redes de abastecimento d'água na RMC tiveram um impulso de desenvolvimento a partir de meados da década de 60, iniciado em 1964 por um processo de mudança que iria caracterizar o sistema de saneamento paranaense pelos 35 anos seguintes: é criada a SANEPAR – Companhia Paranaense de Saneamento, que a partir de 1971 passaria a

¹⁴ SCHUSTER, Z. L. L. Sanepar ano 30: resgate da memória do saneamento básico do Paraná. SANEPAR, Curitiba, 1994.

coordenar centralizadamente a política de saneamento do estado. Criada pelo governo paranaense num movimento de “modernização da máquina administrativa”, e tendo como papel principal o fomento ao saneamento básico como uma forma de mitigar o “êxodo rural” que àquela época já preocupava os administradores, a SANEPAR absorveu e centralizou a administração da maioria dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento em todo o território do estado.¹⁶ Nascia também o corporativismo estatal no setor de saneamento, fundado num ambiente de crescimento, de progresso e de um sentido de “missão a cumprir”, endossada pela Organização Mundial de Saúde:

[...] Que todos os povos do mundo alcancem no ano 2000 um nível de saúde que lhes permita levar uma vida social e economicamente produtiva e que a atenção primordial para a saúde é a chave para alcançar esta meta, como parte do desenvolvimento e de acordo com o espírito de justiça social.¹⁷

Também em 1964, num cenário de esgotamento dos mananciais locais e de pressão do crescimento populacional em Curitiba, foi concluído o projeto do Sistema Iguaçu e já haviam sido iniciadas as obras de captação. Em março de 1969 o sistema foi inaugurado pelo então presidente Costa e Silva, com a expectativa de atender a demanda até o ano 2000. No entanto, o crescimento populacional surpreendente da década de 70 fez com que o sistema já estivesse com sua capacidade esgotada no início dos anos 80. Em 1972 a SANEPAR passou a seguir as diretrizes nacionais do PLANASA – Plano Nacional de Saneamento, e do Sistema Financeiro de Saneamento, operado pelo BNH. A partir daí o planejamento do setor, coordenado e desenvolvido pela SANEPAR, passou a identificar mananciais e reservatórios em outros municípios da região metropolitana, na bacia do Alto Iguaçu, sendo que o primeiro reservatório de grande porte foi a Barragem de Piraquara, localizada no município de mesmo nome, cuja construção foi iniciada em 1978.

Enquanto que antes da década de 70, mais precisamente até a entrada do PLANASA, a racionalidade que motivava ou justificava os investimentos nos sistemas de distribuição de água na RMC era a de satisfazer demandas existentes e não atendidas, a partir do PLANASA a racionalidade é a de planejar os investimentos de forma a atender uma demanda mesmo sem ela ter se manifestado ainda, baseada numa ideologia de saúde e de qualidade de vida para todos. Com a crescente limitação da disponibilidade hídrica na RMC o

¹⁵ Ibid. p. 144.

¹⁶ Ibid. p. 156.

¹⁷ Ibid. p. 160 (trecho da Declaração de Alma-Ata, produzida pela Conferência Internacional sobre a Atenção Primária para a Saúde, promovida pela Organização Mundial da Saúde, em 1978).

planejamento da expansão do sistema de recursos hídricos integrado passa a se dar, a partir daí, sobre a bacia do Alto Iguaçu, determinando áreas “reservadas” para o abastecimento d’água e reorientando esses recursos para a sua utilização principalmente por Curitiba.

O processo de centralização da política de saneamento no Paraná está, portanto, ligado à criação do PLANASA, que por sua vez era a resposta dada pelo governo brasileiro às exigências do programa “Aliança pelo Progresso” (1961), empreendido pelo governo americano de John F. Kennedy, e que apoiava o financiamento de projetos de infra-estrutura em toda a América Latina. As exigências incluíam a estruturação de um fundo de investimento que permitisse a captação de recursos, uma empresa gerenciadora desses recursos e um plano que norteasse a ação dessa empresa, dentro de uma concepção tipicamente cibernética de comando-e-controle.¹⁸

Em 1968 o sistema financeiro de saneamento é subordinado ao BNH, a partir de então, passa a conduzir os destinos da política nacional de saneamento. A partir de 1970, estimula-se a formação de empresas estaduais de saneamento básico que, ao retirar dos municípios a atribuição de construir e operar sistemas de abastecimento de água, eliminam o peso das pressões localistas que impedem uma tarifação realista (...) Desenvolve-se [a partir de então] um processo de centralização política e tributária no País em favor do Governo Federal e em detrimento das finanças públicas municipais. (...) Paulatinamente, o Governo Federal vai absorvendo, via mecanismos financeiros, as responsabilidades do setor, até os anos 1970/1971, momento em que se elimina a competência municipal na esfera do saneamento básico.¹⁹ (sublinhado meu)

A centralidade da política de saneamento no nível do governo federal cresce até os últimos anos da década de 80, quando as metas do PLANASA sofrem grandes mudanças, principalmente como resultado da falta de recursos provocada pelo acirramento da crise econômica e pela diminuição do poder de investimento do governo federal. A partir da segunda metade dos anos 80 as companhias estaduais passam a assumir um papel importante dentro da política de saneamento básico. Do final dos anos 70 até início da década de 90 a palavra de ordem no setor foram “obras” e os principais investimentos na RMC, que foram marcados por interrupções e reinícios ao sabor da disponibilidade de recursos associada às conjunções políticas circunstanciais, foram a implantação dos sistemas do Iguaçu (barragem de Piraquara) e do Passaúna.

Este último sistema surge como urgência no início da década de 80, quando o crescimento populacional a oeste de Curitiba, provocado pela implantação da infra-estrutura industrial da capital (CIC) e de Araucária (Refinaria da PETROBRAS), passa a exigir um novo

¹⁸ Ibid. p. 172.

¹⁹ JACOB P. Movimentos sociais e políticas públicas, citado em SCHUSTER, Z. op. cit. p. 172.

sistema de abastecimento de água. O (sub)sistema Passaúna foi logo interligado ao sistema Iguaçu no que se conhece hoje como "Sistema Integrado de Curitiba". O reservatório do Passaúna, cuja bacia de drenagem extrapola em muito os limites de Curitiba, inunda terras do município de Curitiba, Campo Largo e Araucária, inclusive a colônia polonesa Thomás Coelho que teve sua população relocada e desestruturada.²⁰

A partir de 1987 a Sanepar passa a expandir as fronteiras do estado, realizando trabalhos de consultoria em outros estados e mesmo em outros países, com a criação do GECIP – Grupo Específico de Intercâmbio, Consultoria e Pesquisa. Em 1998 o GECIP já desenvolvia consultoria, intercâmbio ou desenvolvimento de pesquisa em tratamento de água e esgoto em países como Estados Unidos, Alemanha, França, Áustria, Argentina, Venezuela e Bolívia.²¹ O mote que passa a definir a atuação da empresa daí em diante é "tecnologia e qualidade".

Em 1996 a SANEPAR se caracterizava como o maior usuário dos recursos hídricos da RMC, captando 99,6% da água para o abastecimento residencial urbano, 91,5% para o comercial e 19,3% para uso industrial. O conjunto das indústrias com sistemas independentes da rede pública constituía-se no segundo maior usuário das águas do Alto Iguaçu, com 19,1% das águas captadas. Vale destacar que os 50 maiores usuários industriais correspondem a mais de 92% do consumo de água no setor industrial da RMC e representam cerca de 94% do potencial de geração de cargas poluidoras.²²

Em junho de 1998 um montante de ações que representavam cerca de 40% do capital votante da Sanepar foram leiloados na Bolsa de Valores do Paraná e arrematadas por um consórcio formado pela COPEL – Companhia Paranaense de Energia (20,69% do total), grupo francês Vivendi, ex-Generale des Eaux (41,38% do total) e pela Construtora Andrade Gutierrez (37,93% do total), resultando numa arrecadação de cerca de R\$250 milhões para o governo do estado.²³ O sistema de saneamento desaparece enquanto tal, passando a se constituir em um sub-sistema de algo maior, um sistema que incorpora diversos fluxos, como veremos mais adiante.

²⁰ PREFEITURA DE CURITIBA, Secretaria da Cultura e do Esporte, Coordenadoria do Patrimônio Cultural; A represa e os colonos. Curitiba, 1986, 144 p. ilustr.; p. 75 – 81.

²¹ CARVALHO, A. P. de. Estatais paranaenses avançam no mercado externo. Jornal Gazeta do Povo, 8/set/98 p. 26.

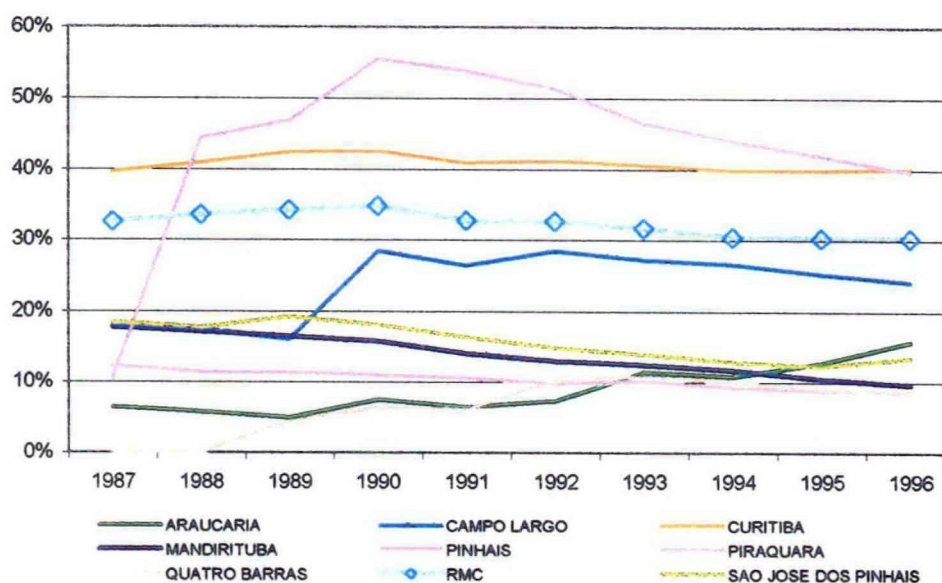
²² ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral – PROSAM. Política e sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos – documento de apresentação, Curitiba, 1997; mimeo.

²³ OLIVEIRA, M. G. de.; Ações da Sanepar leiloadas pelo preço mínimo. Jornal Indústria e Comércio, 9/jul/98, A-10.

6.4.2 PROSAM – A Racionalidade Global da Gestão Ambiental e a Regionalização do Espaço

Algumas redes não foram desenvolvidas no mesmo ritmo que outras, o que trouxe um tipo peculiar de desenvolvimento urbano para a RMC, especialmente desigual e assimétrico, aonde a cidade-mãe concentra recursos e a periferia os cede. A área de saneamento básico apresentou esse padrão de maneira exemplar. A partir da década de 70 a expansão acelerada da área urbana da região de Curitiba se deu principalmente sobre os mananciais de abastecimento na bacia do rio Iguaçu situados nos municípios a leste, norte e nordeste da cidade. O crescimento das redes de suprimento de água não foi acompanhado por um crescimento equivalente nas redes de saneamento, de esgoto e de drenagem. Em 1980, do total dos domicílios particulares permanentes da RMC, 64,40% possuíam ligação à rede de abastecimento de água; 85,68% estavam ligados à rede elétrica, e apenas 38,98% estavam ligados à rede de esgoto.²⁴

FIGURA 6.5 - EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ESGOTOS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA RMC 1987-1996



FONTE: IPARDES, 1997

NOTA: No gráfico só aparecem os municípios com rede de esgotos.

²⁴ UNILIVRE. op. cit. p. 3-14.

No gráfico acima pode ser observado que, entre 1987 e 1996, a cidade de Piraquara possuía o maior percentual de ligações de esgotos em relação a ligações de água da RMC (chegando a mais de 50%), seguida por Curitiba (acima de 40%) e Campo Largo, este já abaixo da média da RMC (entre 30% e 35% no período). Em todos os demais municípios o número de ligações de esgoto estiveram abaixo de 20% do número de ligações de água, sendo que a maioria que não possuía rede de esgotos. A concentração da rede de esgotos em Curitiba se torna evidente pelo fato do município, no período, concentrar entre 67% e 77% do número de ligações de água na RMC, enquanto abrigava em 1996 menos de 61% da população regional.

No início da década de 80, com a crescente demanda populacional e industrial surgida com o crescimento da cidade-pólo e de sua periferia e com a criação da CIC, o comprometimento da qualidade da água dos mananciais superficiais da RMC passa a ser uma crescente ameaça para o sistema integrado de abastecimento da capital. Uma vez que as bacias hidrográficas desses mananciais compreendem diversos municípios periféricos que não dispunham da mesma estrutura técnica e administrativa nem compartilhavam diretamente dos benefícios fiscais e econômicos gerados pelo desenvolvimento industrial de Curitiba, os setores da bacia localizados nos municípios periféricos não contaram com uma política ou ações de gestão territorial eficaz como a do município pólo. Embora as áreas de mananciais da RMC foram áreas protegidas por leis estaduais e municipais desde a década de 70 e identificadas como reservas ambientais a quase 40 anos, a dinâmica dos processos de crescimento urbano e de relações sociais intra- e extra-RMC derrotaram toda a legislação urbanística ou de proteção dos mananciais na região.

No início da década de 90 a situação de comprometimento dos mananciais do rio Iguaçu já era tida como crítica, fruto da "dinâmica da urbanização metropolitana, caracterizada pela expansão da malha urbana para áreas destituídas de infra-estrutura, configurando o processo de periferização":²⁵

- a) o rio Palmital, que nasce em Colombo, município que mais cresceu na década de 70, drenava áreas de encostas caracterizadas por seus inúmeros parcelamentos indiscriminados de solo, conhecidos como "loteamentos irregulares";
- b) os rios Iraí e Piraquara tiveram suas margens ocupadas por parcelamentos iniciados na década de 50 e apresentavam um extraordinário crescimento populacional;

²⁵ ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Programa de saneamento ambiental da Região Metropolitana de Curitiba – carta consulta. Curitiba, 1991, p. 8.

- c) os rios Miringuava e Passaúna drenavam áreas ocupadas por uso agropecuário com aplicação intensa de agrotóxicos;
- d) a coleta de resíduos sólidos, concentrada principalmente em Curitiba, mal chegava a 80% do volume gerado diariamente, apresentando enormes deficiências quanto à sua disposição enquanto que o restante era descartado sem qualquer critério pela população, na maioria dos casos no leito dos córregos;
- e) dos quase 400 mil m³/dia de esgotos sanitários, 262,5 mil m³/dia eram lançados sem qualquer tratamento em todos os rios da bacia do Iguaçu que, com a ausência de tratamento de suas calhas e a degradação da vegetação ciliar, passam a sofrer o assoreamento e potencializam o problema já antigo de enchentes;
- f) alguns desses mananciais passaram a conviver com riscos trazidos pela nova dinâmica industrial; o rio Passaúna, a montante de sua captação, é cruzado por uma importante rodovia federal (BR277) que faz a ligação entre Curitiba e o Porto de Paranaguá com o interior do estado e com o Paraguai e norte da Argentina; a bacia do Miringuava é cruzada pelo oleoduto da PETROBRAS, que traz o petróleo do porto de São Francisco do Sul para a Refinaria de Araucária.

A primeira tentativa de se fazer o gerenciamento integrado dos recursos naturais (prioritariamente os recursos hídricos) na RMC iniciou-se em 1988 como uma iniciativa do Governo do Estado do Paraná: o PROSAM – Programa de Saneamento Ambiental, um dos componentes do Projeto de Qualidade da Água e Controle de Poluição no Brasil cujo financiador é o Banco Mundial. Estabelecido e coordenado no nível do governo estadual, o PROSAM ainda se destaca como aquele que com maior abrangência tem se preocupado com as diversas dimensões do desenvolvimento na RMC, concentrando-se na problemática da qualidade das águas, do controle da poluição e da dinâmica da urbanização na RMC, principalmente no que se refere aos mananciais de abastecimento, situados em sua maioria a leste de Curitiba.

Para o PROSAM, a dinâmica de ocupação do solo, inspecionada em detalhe, é tida como determinante do problema. Como instrumento de controle o PROSAM prevê uma política de uso e ocupação do solo mais adequada à questão de proteção de mananciais e um instrumento de monitoramento ambiental baseado em modelos matemáticos da qualidade hídrica da bacia do Alto Iguaçu. Esses modelos operam em função de parâmetros urbanísticos relacionados com a densidade e o tipo de uso do solo urbano, procurando incorporar algumas externalidades econômicas à análise de qualidade de água através de

mecanismos legais, como o princípio poluidor-pagador e usuário-pagador.

Os principais objetivos do programa são reabilitar e manter a bacia do Alto Iguaçu como uma fonte de suprimento de água confiável para a RMC e promover o controle de enchentes e a recuperação do solo que melhoraria as condições de vida da população da cidade, o que permitiria a expansão urbana. Quando da elaboração do PROSAM e negociações junto ao BIRD, procurou-se contemplar projetos que atendessem não só a preservação dos mananciais, mas que viessem também ao encontro do planejamento integrado, do desenvolvimento institucional e econômico e dos mecanismos de mobilização social. Focalizando os caminhos da expansão urbana e a degradação da qualidade da água, o projeto foi desenhado para criar uma figura institucional que garantisse o gerenciamento ambiental a longo prazo, através da adequada combinação de mecanismos de recuperação de custos, leis e regulamentações de âmbito regional, e sistemas de informação apropriados para a tomada de decisões por um colegiado que pretende ser representativo dos interesses e dos atores no setor dos recursos hídricos da RMC – a “Autoridade de Bacia”.²⁶

O PROSAM reflete, portanto, uma lógica institucionalizada nos diversos níveis de governo, segundo a qual o controle sobre a ocupação urbana nos municípios periféricos de forma coordenada é justificável tendo em vista a preservação dos recursos hídricos para a sua utilização por “sistemas integrados”, mas que na realidade privilegiam o consumo concentrado no município polo. Essa lógica permite justificar inclusive uma das ações constantes do PROSAM, o programa PMA-03, que consiste em reassentar mais de 1500 famílias que ocupavam as áreas de mananciais da RMC. Outro aspecto importante dessa lógica é a consideração de uma unidade regional de planejamento identificada espacialmente com a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, ou seja, a definição *a priori* de uma referência regional para todo o sistema de gestão.

6.4.3 O Sistema de Recursos Hídricos na RMC

A RMC está situada numa área abrangida, de sul para norte, pelas bacias hidrográficas do Iguaçu (sub-bacias do Alto Iguaçu e Várzea), Litorânea (sub-bacia Arraial) e do Ribeira (sub-bacias Açungui e Capivari). As bacias hidrográficas dos rios Arraial e Capivari estão atualmente dedicadas exclusivamente à geração de energia elétrica pela COPEL em Capivari-Cachoeira (Usina Parigot de Souza). A bacia do Açungui possui estudos

desenvolvidos desde 1991 para a sua utilização múltipla pela Prefeitura Municipal de Campo Largo e COCEL - Companhia Campolarguense de Energia e pela SANEPAR como futuro manancial para a RMC.^{27 28 29}

Até o final da década de 90 foram utilizados os mananciais superficiais dos rios Passaúna (até a barragem do mesmo nome), Iraí e Iguaçu (até a barragem na BR 277), os quais constituem o Sistema Integrado de Abastecimento da RMC. Além destes, outras captações superficiais ou poços abastecem os demais municípios e localidades de menor porte. Até 2002 estão previstas as construções de barramentos nos rios Iraí, Piraquara II e Pequeno (hoje utilizados com captação direta), e até 2014 deverão ser construídas as barragens dos rios Miringuava e Cotia/Despique. Este conjunto de represas prevê o abastecimento de água para a RMC até o ano 2020, sendo que posteriormente (até 2045) estão previstos reservatórios nos rios Várzea e Açungui.

São três os aquíferos subterrâneos da RMC utilizados para abastecimento:

- a) Aquífero Cristalino - situado principalmente na área sul da RMC, devido à baixa produção admissível sua exploração é viável apenas para o abastecimento de pequenas comunidades isoladas, não se constituindo portanto em fonte de abastecimento importante para a RMC;
- b) Aquífero Guabirotuba - distribuído na região de Curitiba, tem uma produção admissível também baixa e é amplamente utilizado para abastecimento público e industrial, com riscos de contaminação. Não se tem informações precisas com respeito às vazões utilizadas para fins industriais por meio de poços particulares, mas as estimativas apontam para vazões superiores às admissíveis, principalmente na região central de Curitiba.
- c) Aquífero Cárstico - situado principalmente na área norte da RMC e abrangendo os municípios de Bocaiúva do Sul, Cerro Azul, Rio Branco do Sul, Colombo, Almirante Tamandaré e Campo Largo, tem um alto potencial de utilização, sendo sua água adequada para abastecimento público mas com restrições para o abastecimento industrial devido a sua dureza e teor de sólidos dissolvidos. Há também problemas associados às características geológicas do aquífero Cárstico que limitam a

²⁶ COMEC. Termo de referência para o sistema de gestão da bacia do Alto Iguaçu, 1993.

²⁷ PREFEITURA DE CAMPO LARGO. Plano diretor para a bacia do rio Açungui, maio de 1991.

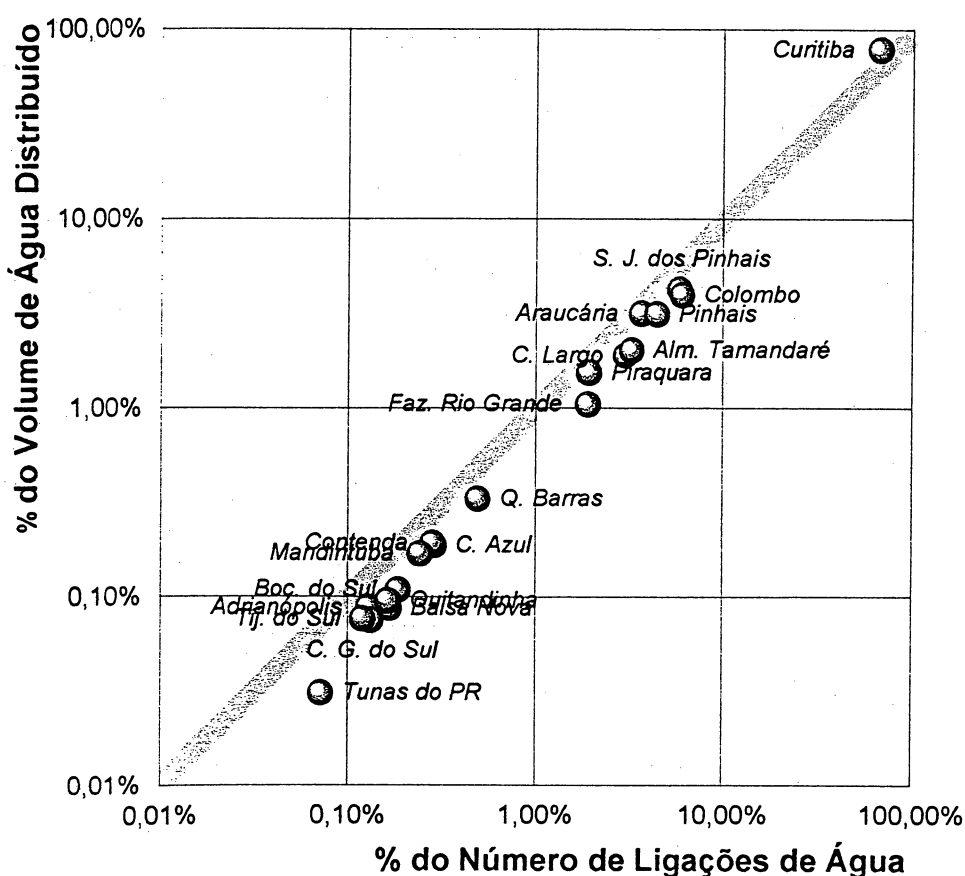
²⁸ COCEL – Companhia Campolarguense de Eletricidade. Usina hidrelétrica do rio Açungui I – relatório do projeto básico. doc. no. 9004-RT-200C001/R.0; Intertechne Consultores Associados, Curitiba, março de 1991.

²⁹ SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. Plano diretor do sistema de água de Curitiba e

intensidade de sua exploração por colocar em risco a estabilidade dos terrenos em sua área de abrangência.

O sistema público de abastecimento de água e de esgotamento sanitário da RMC é operado pela SANEPAR em quase todos os municípios, com exceção de Rio Branco do Sul e Doutor Ulisses. A análise do gráfico de dispersão do consumo de água nos municípios da RMC abastecidos pela SANEPAR em 1998, apresentado abaixo, mostra que a maior concentração do consumo está associada ao município de Curitiba, que conta 68% das ligações e 78% da água distribuída. No gráfico também se observa a grande distância entre a escala do abastecimento da metrópole e do conjunto de municípios periféricos (de uma a três ordens de grandeza) e a baixa concentração do consumo em qualquer outro município.

FIGURA 6.6 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA RMC ABASTECIDOS PELA SANEPAR – 1996



FONTE: IPARDES, 1997

6.4.4 A Racionalidade Industrial Metropolitana e as Irracionalidades Locais em Colombo

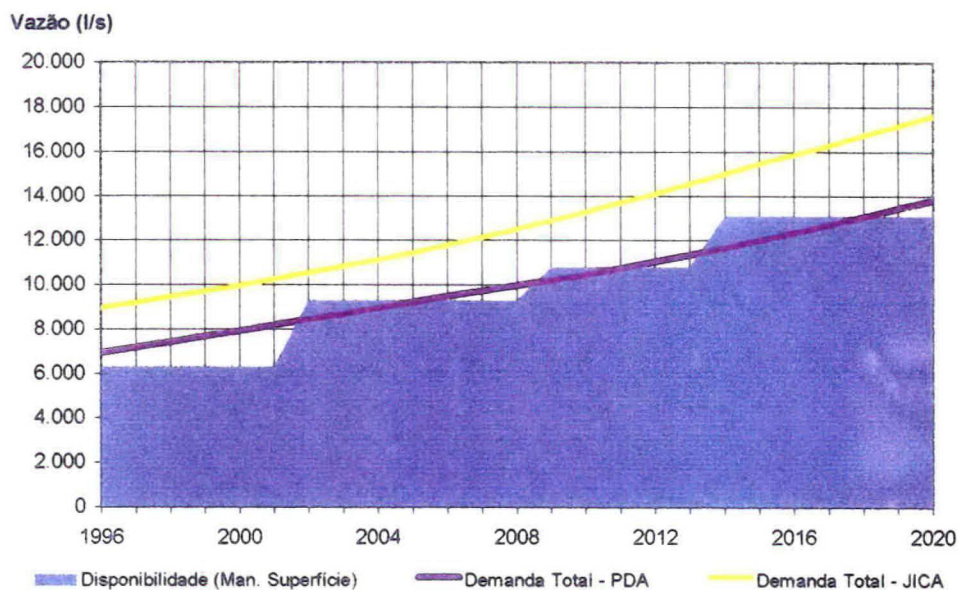
Diversos estudos realizados durante a década de 90 apontam para situações contraditórias do abastecimento de água da RMC a médio prazo, porém com riscos crescentes a longo prazo. As previsões do PDA - Plano Diretor do Sistema de Água de Curitiba e Região Metropolitana (SANEPAR) indicam que a demanda total, que contempla principalmente o consumo residencial e as indústrias hoje servidas pelo sistema público, poderia ser atendida com baixos graus de risco com as captações superficiais já previstas. O PDA considera, para efeito da expansão do sistema produtor, somente as demandas previstas para a "Grande Curitiba", propondo para tanto a exploração do potencial hídrico disponível da sub-bacia do Alto Iguaçu visando suprimento de água até 2020. Deve ser salientado que os demais municípios que integram a RMC já se abastecem isoladamente desta sub-bacia, e um considerável número de empresas de porte também o fazem com captações particulares, reduzindo assim a disponibilidade estimada anterior. O PDA, analisa as demandas totais de água doméstica e industrial até o ano 2020, desconsiderando o consumo para agricultura por ser insignificante no contexto, e não considera o aquífero Cárstico como manancial de abastecimento. A SANEPAR tem adiantando o cronograma da construção das barragens do Iraí, Piraquara II e Pequeno de modo a estarem operando até o ano 2002, e o mesmo pode vir a acontecer com as demais.³⁰

O projeto JICA/SEDU - Estudo do Plano Diretor sobre a Utilização dos Recursos Hídricos no Estado do Paraná, embora trabalhe com previsões menores para as demandas domésticas do que o PDA, não se distancia muito daquelas. Por ter se aprofundado mais no estudo da demanda industrial de água, detecta um consumo de 3.324 l/s em 1993, projetando 4.700 l/s para 2005 e 6.000 l/s para 2015 naquele setor, uma demanda industrial muito superior à prevista pelo PDA, trazendo à tona a necessidade da utilização a curto prazo dos mananciais subterrâneos, principalmente o aquífero Cárstico. A figura abaixo resume e compara as projeções dos dois estudos.³¹

³⁰ UNILIVRE. Op. cit.

³¹ idem

FIGURA 6.7 COMPARAÇÃO ENTRE PROJEÇÕES DE DEMANDA E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NOS MANANCIAIS SUPERFICIAIS DA RMC



FONTE: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996

Dependendo ainda de um melhor conhecimento geotécnico e hidrológico para a segurança da sua exploração, o aquífero Cárstico apresenta perspectivas de disponibilidade hídrica adequada. No entanto, como não se caracteriza como um "rio subterrâneo", aproximando-se mais de uma série de "tanques interligados entre si por vertedouros de topo, correspondendo estes às drenagens de superfície" e formados por compartimentos independentes em rochas calcárias, o aquífero é extremamente sensível geologicamente e dependente do regime de chuvas.³²

Desde meados da década de 90, entretanto, visando suprir as deficiências de abastecimento e pesquisar a sua utilização, a SANEPAR desenvolve ações para, a curto prazo, explorar 600 l/s do aquífero Cárstico. Em recentes declarações a SANEPAR informou que possui três poços em atividade produzindo 120 litros de água por segundo e pretende obter entre 4.000 e 6.000 l/s com mais 15 poços, o que significa dobrar a capacidade do sistema da RMC. No entanto, diversas evidências indicam que a utilização desse aquífero para atender principalmente o consumo industrial crescente, tem levado à sua super-exploração:

a) já se tem notícias de comprometimentos estruturais sérios em edifícios no município

³² LISBOA, A. A. e BONACIM, E. A. Sistema Aquífero Cárstico – reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. SANARE, vol. 4 n. 4, 1995, Curitiba, p.26.

- de Colombo e prejuízos à sua agricultura, com manifestações da população contra a exploração do aquífero;^{33 34 35 36}
- b) as águas do aquífero Cárstico tem sido utilizadas pela Sanepar para o abastecimento da Chrysler, em Campo Largo, desde 1998. Segundo dados do EIA/RIMA da Chrysler, a demanda da fábrica crescerá de 8.700 m³/mês (médio) e 11,72 l/s (máximo), na época da instalação, para 21.423 m³/mês (médio) e 22,80 l/s (máximo) em cinco anos de operação, o mesmo valor do consumo projetado da TRITEC, empresa do mesmo grupo e instalada ao lado da Chrysler.³⁷ O volume de água distribuído em Campo Largo (micromedido) pela Sanepar em dezembro de 1997 foi de 173.920 m³, o maior desde 1993, o que significa que aproximadamente um quarto da água distribuída em Campo Largo provirá do aquífero Cárstico e será distribuída para apenas duas empresas em um sistema independente e praticamente autônomo de distribuição;³⁸
 - c) em janeiro de 2000 a exploração do aquífero pela Sanepar, operando sem licença ambiental, já havia secado fontes de água do município de Colombo, o que causou racionamento de água para mais de 83 mil moradores, com prejuízos para a tradicional agricultura do município, e com perspectivas de se estender ao longo do ano;
 - d) deve ser ainda considerado o fato de que as áreas contribuintes dos atuais mananciais superficiais e de recarga dos aquíferos subterrâneos vem sofrendo pressões causadas por uma ocupação humana desordenada e pela poluição, tanto por esgotos domésticos como por efluentes industriais e de agrotóxicos, aliada a um controle ambiental ineficaz na RMC, como um todo.

³³ KLENK, L. A. Aquífero Karst - população bloqueia três poços do Karst. Folha do Paraná 18/jul/97, sec. Cidades: 1B.

³⁴ JORNAL EXPRESSO METROPOLITANO. Apocalipse em Colombo – Sanepar está destruindo Colombo. 4 a 10/agosto/1997; capa e p. 3

³⁵ CAMANDUCAIA, A. Karst pode ser a causa de novo buraco. Folha do Paraná, 20/outubro/98, seção Curitiba, p.4.

³⁶ GAZETA DO POVO. Aquífero continua preocupando moradores de Colombo. 22/fevereiro/1999, p. 5.

³⁷ ECP ENGENHARIA, CONSULTORIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL LTDA. EIA-RIMA da Chrysler do Brasil volume II p. 45, 1997.

³⁸ SANEPAR (escritório de Campo Largo). Demonstrativo histórico – projeção de produção e consumo – sistema de abastecimento de água de Campo Largo. apresentado no Conselho de Meio Ambiente de Campo Largo, 1998, mimeo.

6.5 RECURSOS ENERGÉTICOS NA RMC – O SISTEMA ELÉTRICO

6.5.1 O Sistema Elétrico Nacional: da Revolução de 1964 ao Final do Século XX

Algumas redes de infra-estrutura que se estabeleceram na RMC tiveram um impulso de desenvolvimento que se originou em uma escala nacional, como as do setor elétrico. O setor elétrico, durante o período de expansão das metrópoles brasileiras desde a década de 70, teve como característica básica o fato de ser predominantemente estatal (acima de 90%). Em 1961, no governo de Jânio Quadros, elaborou-se a lei de criação da ELETROBRAS concebida como uma *holding* de empresas federais que concentraria o planejamento, a coordenação e o financiamento do setor elétrico nacional. A efetiva constituição da ELETROBRAS ocorreu em 1962, durante o governo de João Goulart, tornando-se um fator potencial de maior impulso no movimento de estatização que caracterizou os anos seguintes.

O planejamento e a gestão do sistema elétrico passaram a serem realizados pelo setor, sendo que o marco dessa transição pode ser considerado os estudos de inventários de bacias hidrográficas e potenciais de geração hidrelétrica, mercados e planos de expansão iniciados com o “Comitê Coordenador de Estudos Energéticos”, criado em 1962 e financiados e executados pela CANAMBRA (consórcio canadense/brasileiro de empresas), Banco Mundial e ONU. Paralelamente evoluía a absorção de tecnologia em projeto, construção, operação e gestão dos empreendimentos hidrelétricos que vieram a representar, no final da década de 90, cerca de 93,5% da capacidade instalada no país, como mostra o quadro abaixo:

QUADRO 6.1 - DADOS SOBRE O SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL (1998)

Potência instalada em usinas	MW
Hidroelétricas	49.710
Térmicas	3.220
Nuclear	657
Itaipu (50%)	6.300
TOTAL	59.887
Extensão das linhas de transmissão	km
De 230 kV até 440 kV	46.090
Em 500 kV ou acima	16.004
Elo de 600 kV CC	1.612
TOTAL	63.706

FONTE: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

Após a crise política aguda dos anos 60, o fortalecimento e a centralização do governo federal imprimiram o dinamismo da ELETROBRAS e de algumas estatais. Foram criadas a ELETROSUL e a ELETRONORTE, encarregadas da geração e transmissão de energia em nível supra-estadual, estabelecida a malha de transmissão nacional (hoje chamada de "Rede Básica") e o GCOI – Grupo Coordenador da Operação Interligada do sistema elétrico nacional. Todo o planejamento e operação interligada passaram a ser centralizados na ELETROBRÁS.

Nesse período cada estado foi estimulado a consolidar seus serviços de eletricidade e saneamento em empresas setoriais públicas; a COPEL passa a então a incorporar a maior parte das empresas e serviços de energia elétrica do estado e coordená-las de forma centralizada (ver quadro abaixo).

QUADRO 6.2 - EMPRESAS ANEXADAS PELA COPEL NO PARANÁ

EMPRESA	INÍCIO DE OPERAÇÃO	Incorporação pela COPEL	Número de Consumidores na data de incorporação
COPEL – Cia. Paranaense de Energia	1956		875.508
CFLP – Cia Força e Luz do Paraná	1928	1973 – COPEL	154.799
EELSA – Empresa Elétrica de Londrina SA	1939	1974 – COPEL	55.110
CHEP – Cia Hidro-elétrica do Parapanema	1927	1981 – COPEL	43.489
CFLO – Cia. Força e Luz do Oeste	1910 (privada) 1958 (municipal)	1995 – REDE – Empresas de Energia Elétrica (privada)	30.414
PRADA – Cia Prada de Eletricidade	1946	1973 – COPEL	22.495
COCEL – Cia. Campolarguense de Energia (1996)	1911 (privada); 1920 (P.M. de Campo Largo); 1969 (Cia. Campolarguense de Eletricidade)	Permanece municipal (1996)	19.853
CLFSC – Cia Luz e Força Santa Cruz	1950 (privada)	Permanece privada (1995)	12.505
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica	Diversas datas	1966 – COPEL	5.466
FLISA – Cia Força e Luz de Irati	1918 (privada) 1932 (municipal)	1978 – COPEL	5.253
FLCV – Força e Luz Coronel Vivida	1959 1988 FORCEL	Permanece municipal (1996)	4.274
SCHELLEMM – Empresa de Eletricidade Alexandre Schelemm SA	1909	1973 – COPEL	4.067
SAMEL – Serviço Autônomo Municipal de Eletricidade	Diversas datas	1977 – COPEL	964
IVAÍ – Hidrelétrica Vale do Ivaí	1963	1972 – COPEL	288
UTELFA - Usina Térmica de Figueira	1961	1969 – COPEL	1

FONTE: COPEL; Dados Estatísticos do Setor Elétrico – Estado do Paraná – período 1950/1995, Curitiba, 1996.

No setor elétrico nacional as concessionárias estaduais tiveram o seu papel diferenciado pelo tamanho, dentro de uma regionalização por "áreas de atuação" definidas pelos limites do estado: as estaduais pequenas somente distribuíam energia; as médias (CEEE, COPEL) se empenhavam em obras de geração, reservando as instalações maiores, de interesse supra-estadual, às grandes subsidiárias da ELETROBRAS (ELETROSUL, CESP, FURNAS, CEMIG). Mesmo com a dominância dos sistemas de grande escala, conseguiram subsistir diversas empresas municipais de menor porte, essencialmente de distribuição, e empresas privadas com pequena participação no conjunto do setor elétrico, além dos autoprodutores. Na RMC a distribuição de energia é, em sua maior parte de responsabilidade da COPEL, e no município de Campo Largo atua uma concessionária municipal, a COCEL - Companhia Campolarguense de Energia.

No final dos anos 70 e início dos anos 80 o modelo estatal centralizado começava a mostrar sinais de desgaste. O segundo choque do petróleo, o crescente nível de endividamento externo brasileiro, os juros crescentes no mercado financeiro internacional e o desenvolvimento de projetos superdimensionados, como Tucuruí e Itaipu, aliados a uma política tarifária que não incorporou os custos do superdimensionamento, levaram à paralisação das obras e dos investimentos do setor no final dos anos 80. Ao mesmo tempo, a política de valorização dos governos estaduais a partir do governo Geisel levou a algumas empresas estatais desenvolverem programas de autonomia e, inclusive, de se rebelarem e darem um "calote" no endividamento intrasetorial do sistema ELETROBRAS, que se estenderia também à União como avalista da dívida externa.³⁹

A partir da Constituição de 1988, desaparecem as "áreas de atuação" das empresas estatais de geração, que constituíam o monopólio "de fato" sobre os recursos hidrelétricos. A Lei 9074, de julho de 1995, quebra o monopólio do setor elétrico nacional para a geração de energia, mas institui uma "Rede Básica" de transmissão de energia dos sistemas interligados, que permaneceria como monopólio estatal. O planejamento e a operação do sistema, tanto na área de geração como de transmissão, permanecem no âmbito estatal. A partir daí é implantado o "Novo Modelo" para o setor elétrico:

O processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro tem como pontos principais a desverticalização das empresas, a implantação de um modelo comercial competitivo, a garantia do livre acesso à rede e a redução do papel do Estado nas funções empresariais no setor, o que vem ocorrendo com a privatização das empresas existentes e a licitação da expansão. Também faz parte do novo modelo a instituição de entidades especializadas para executar as funções de regulação, planejamento da expansão, operação e financiamento do

³⁹ WAISMAN, D. História do setor elétrico brasileiro. mimeo, 1988. p.13.

setor. O Operador Nacional do Sistema Elétrico é fruto desse modelo, tendo sido criado para substituir a estrutura cooperativa de coordenação da operação existente e tendo como responsabilidade manter os ganhos sinérgicos resultantes da otimização da operação dos sistemas de transmissão e geração de energia elétrica e viabilizar a expansão do sistema de transmissão a mínimo custo.⁴⁰

6.5.2 Energia Hidrelétrica: A Exploração do Potencial Paranaense

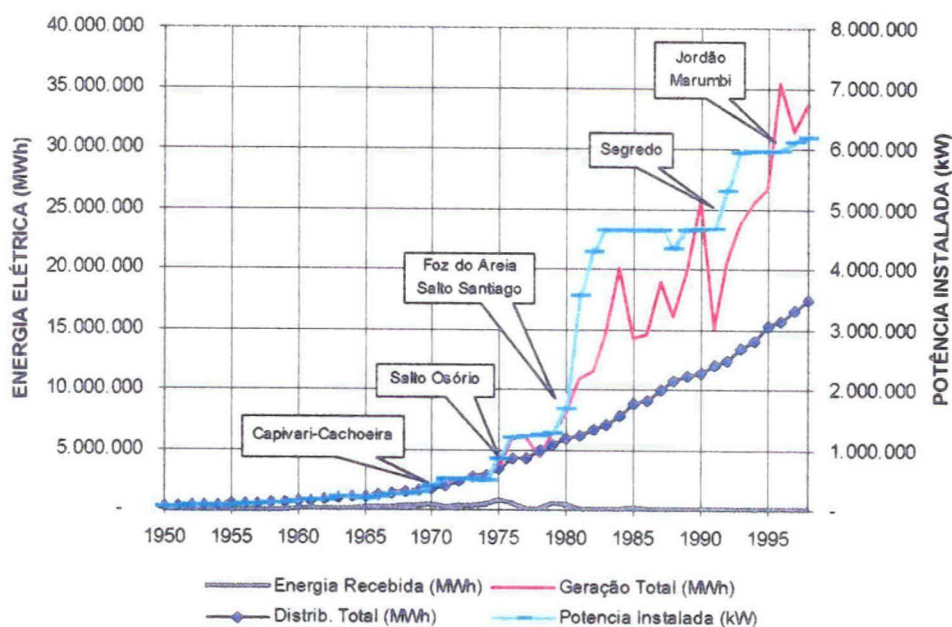
Até a década de 60 o Paraná era um estado onde havia um déficit de disponibilidade energética e se reconhecia que isto era um fator limitativo ao seu desenvolvimento. Até os anos 60 foram construídas diversas usinas hidrelétricas no Paraná, a maioria de porte pequeno e médio, sendo que a mais importante foi a usina Governador Parigot de Souza (Capivari-Cachoeira), um marco tecnológico significativo pelo seu túnel através da Serra do Mar. Durante os anos 60 o potencial hidrelétrico da bacia do rio Iguaçu havia sido identificado pelo Comitê Sul (CANAMBRA), que determinou um esquema ótimo de divisão da queda disponível entre Porto Amazonas e as Quedas do Iguaçu. A partir da década de 70 inicia-se a construção de uma série de usinas hidrelétricas com a finalidade de suprir o estado do Paraná e os estados do sul do país, dentro do Plano Nacional de Desenvolvimento – o PND II – coordenado pelo governo federal. Houve então, por parte do governo do estado, um alinhamento com as diretrizes nacionais de desenvolvimento do potencial hidrelétrico realizado através de uma empresa estatal, a COPEL – Companhia Paranaense de Eletricidade (que teve sua razão social alterada para “Companhia Paranaense de Energia” em 1979). A COPEL conseguiu destacar-se das empresas do setor por ter desenvolvido, ao longo de quase três décadas, um programa consistente e quase ininterrupto de desenvolvimento do potencial hidrelétrico paranaense, mais especificamente do rio Iguaçu, cuja evolução é mostrada na figura da página seguinte.

O impacto da construção das usinas no território paranaense foi marcante. Enquanto em 1980 o Paraná era importador líquido de eletricidade, em 1995 sua produção energética de 24.725.000 tEP* apresentou um superávit de 86% em relação ao seu consumo (13.273.000 tEP). A principal responsável por este superávit foi a energia hidráulica, pois a geração de energia proveniente dos rios internos acrescida 50% dos rios limítrofes foi quase 5 vezes maior do que a consumida no estado.⁴¹

⁴⁰ ANEEL. Dados do setor elétrico nacional. www.aneel.gov.br, 1999.

* tEP = tonelada equivalente de petróleo

FIGURA 6.8 DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO DO PARANÁ (1950-1998)

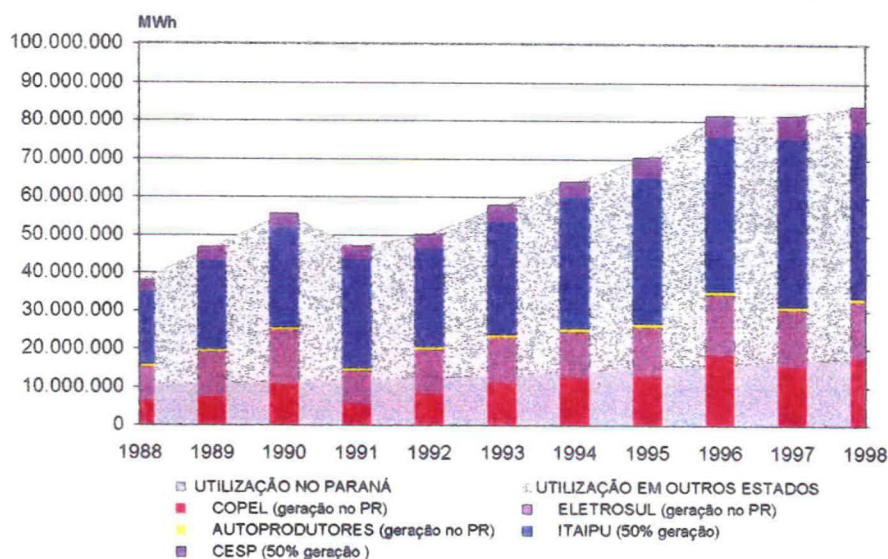


FONTE: COPEL, 1999

NOTA: Exclui Itaipu e as usinas da CESP; inclui as usinas da COPEL, ELETROSUL e autoprodutores.

Mas o crescimento do potencial energético estadual estava atrelado às diretrizes do setor elétrico nacional, integrado e coordenado num nível macro-regional (o sistema sul-sudeste), que visava suprir as imensas deficiências de energia de outras regiões externas ao Paraná, como mostra a figura abaixo.

FIGURA 6.9 - BALANÇO DE ELETRICIDADE NO ESTADO DO PARANÁ 1988-1998



FONTE: Informe Estatístico Anual 1998, COPEL.

⁴¹ COPEL - Cia. Paranaense de Energia, Balanco energético do Paraná 1996, Curitiba, 1997

A racionalidade que orientou o desenvolvimento do potencial hidrelétrico paranaense teve dois objetivos que puderam ser conciliados em grande medida ao longo de 30 anos. Um deles era dotar o estado de um sistema equilibrado de suprimento de energia elétrica apoiado em grandes empreendimentos hidrelétricos de forma a minimizar a dependência sobre importações, uma vez que as condições naturais do rio Iguaçu se mostravam altamente atraentes: hidrologia favorável e vales encaixados, com poucas vilas ou aglomerações humanas importantes nas áreas inundadas. O segundo objetivo derivava da dinâmica de crescimento da própria COPEL, revelando a face privada da “empresa de economia mista”, uma vez que a energia barata proporcionava uma excelente margem para investimentos e, portanto, possibilitava o crescimento. A convergência desses objetivos, somada ao mercado monopolizado em que as tarifas não refletiam necessariamente os custos dos empreendimentos ou da administração do sistema, podem ter feito com que a empresa se concentrasse nas grandes obras e no fornecimento de grandes blocos de energia para consumidores intensos, como fábricas de papel e celulose ou de cimento, e na exportação de eletricidade para outros estados, considerando apenas secundariamente o desenvolvimento de alternativas tecnológicas de geração de energia em menores escalas.

Na realidade, fruto das crises do petróleo e dos impactos delas sobre as políticas energéticas nacionais, o estado e a COPEL realizaram durante a década de 80 diversos estudos para o desenvolvimento de outras fontes de energia que não somente o potencial hidrelétrico, mas inclusive com a utilização de fontes renováveis, como a solar, eólica, a biomassa florestal, resíduos da agricultura e da pecuária (bovinos e suínos), dado o perfil produtivo do estado.^{42 43} Especificamente na RMC e litoral do estado, foi realizado o “Estudo da Biomassa e do Mercado de Energéticos de Produtos Florestais no Sudeste Paranaense” que tinha como um dos objetivos fornecer subsídios para a elaboração de uma adequada Política Florestal que permitisse “compatibilizar o desenvolvimento da atividade produtiva tanto quanto a extrativa, com uma adequada conservação dos Recursos Naturais”.⁴⁴

Entretanto, a partir do início da década de 90 a maior parte desses estudos foram desarticulados ou abandonados. Alguns projetos de energia solar foram desenvolvidos no nível experimental pela COPEL no litoral paranaense e pela INEPAR (empresa privada) na RMC (Campo Largo) e também no litoral, bem como projetos de geração eólica no oeste do

⁴² ESTADO DO PARANÁ - Conselho Estadual de Energia. Modelagem Energética do Paraná. 1982.

⁴³ ESTADO DO PARANÁ Conselho Estadual de Energia. Levantamento das potencialidades energéticas do Paraná, 1985.

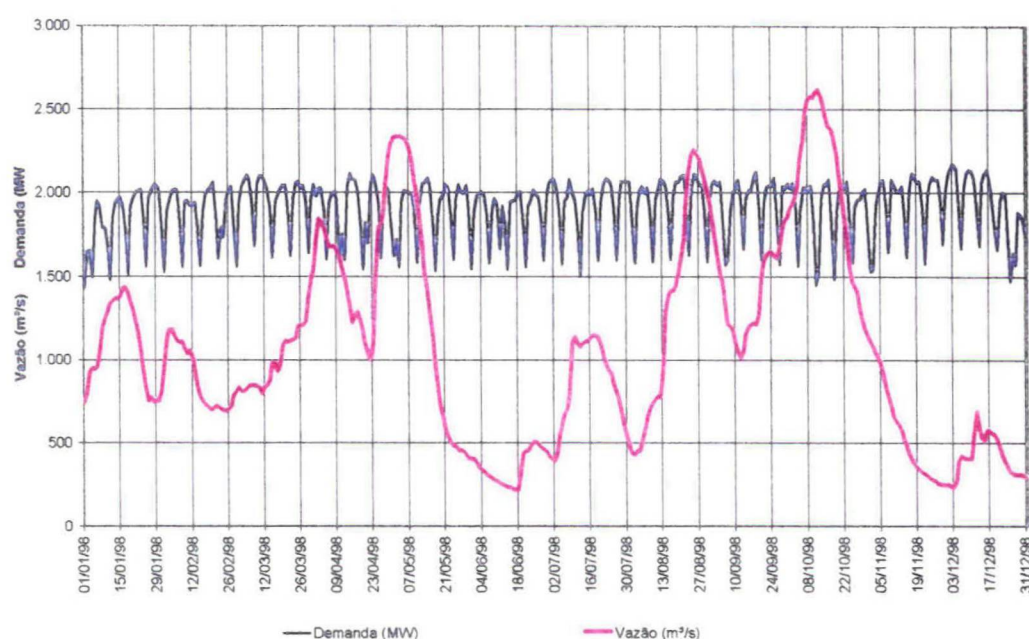
⁴⁴ ESTADO DO PARANÁ. Estudo da biomassa e do mercado de energéticos de produtos florestais no sudeste paranaense; Convênio COPEL, ITC, FUPEF, COMEC e apoio do Ministério da Agricultura/IBDF, 1985 ilustrado 2 volumes, 276 páginas.

Paraná.⁴⁵ No entanto, todas as considerações de cunho social e de desenvolvimento sustentável apoiado em energias renováveis em escala local que os diversos estudos ressaltavam, como o aproveitamento da biomassa da bracatinga, por exemplo, não foram suficientes para serem transformadas em políticas do governo do Paraná ou da COPEL.

6.5.3 Controle sobre os Ciclos Naturais

Nas usinas do rio Iguaçu se consegue perceber com clareza a magnitude do controle sobre os fluxos naturais que pode ser atingida com o desenvolvimento do sistema hidrelétrico e das redes. A figura abaixo compara as vazões diárias do rio Iguaçu a montante da cascata de hidrelétricas (posto fluviométrico de União da Vitória) e as demandas máximas diárias de energia elétrica do sistema COPEL no ano de 1998.

FIGURA 6.10 - VAZÃO DIÁRIA NO RIO IGUAÇU E DEMANDA MÁXIMA DIÁRIA NO SISTEMA COPEL EM 1998



FONTE: COPEL, 1999; SUDERHSA, 2000

⁴⁵ SABATELLA FILHO, I. Sistemas de energia renovável, mimeo, 1999.

6.5.4 Racionalidades do Sistema Interligado e Irracionalidades do Subdesenvolvimento Localizado

Se por um lado a estratégia que caracterizou o Paraná como fonte supridora de energia elétrica para outros estados garantiu, até o final dos anos 90, uma “autonomia aparente” em eletricidade, isso foi conseguido graças a importantes ônus sociais, ambientais e econômicos para o estado.* Segundo estudos da Secretaria de Planejamento realizados em 1982, já se sabia desde então que a exportação de energia renderia poucos dividendos diretos ao governo estadual, assim como as indenizações pagas pelas áreas alagadas pelos reservatórios das hidrelétricas, que somam próximo a 3% da superfície do estado, não compensariam a perda da produção agrícola comercializada nessas áreas ou a perda do Imposto de Circulação de Mercadorias (ICM) correspondente, e jamais reporiam o patrimônio natural inundado.⁴⁶

Há alguns exemplos: o caso extremo do alagamento de terras férteis e do patrimônio turístico e ambiental representado por Sete Quedas pela usina de Itaipu, que pelas suas características de operar com recursos hídricos compartilhados por dois países - Brasil e Paraguai - foi realizado a partir de critérios que independiam totalmente dos interesses estaduais; o nível de represamento da barragem de Ilha Grande resultou de negociações entre o Estado de São Paulo e uma agência do governo federal (FURNAS) e o fator preponderante para a decisão foi a inconveniência de se inundar enormes extensões de terras agrícolas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.⁴⁷

Ainda, pelo fato do sistema estar interligado, mesmo que a produção de energia no estado possa ser superavitária, isso não o torna menos sujeito às restrições do sistema global e dos desígnios ditados tanto pelo regime hidrológico como pelos grandes centros de consumo do sudeste, que na realidade orientam a operação coordenada. Isso tornou-se claro no início do ano de 2000, quando um período de baixas vazões trouxe à tona o risco de racionamento para todo o sul e sudeste.⁴⁸

Para agravar a situação, a pouca representatividade do estado no cenário político

* A autonomia era aparente porque o sistema interligado não contemplava sistemas estaduais isolados. A construção de grandes hidrelétricas ainda é um motivo de orgulho para o setor, e considerado importante para o desenvolvimento estadual: “Inaugurada em 29 de setembro de 1992, a Usina de Segredo reduziu a dependência paranaense de energia comprada de outros estados. Em dezembro de 1998 entrou em operação Salto Caxias, denotando assim um novo avanço na geração de energia elétrica, com consequências positivas no desenvolvimento do Estado do Paraná.”; www.copel.com, acessado em 7/11/2000.

⁴⁶ ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Aproveitamento do potencial hidrelétrico do Paraná. Curitiba, 1982, p. 1.2.

⁴⁷ Ibid. p. 2.1

⁴⁸ GAZETA DO POVO. Racionamento - sul pode ter racionamento de energia em março. site do jornal,

nacional não conseguiu impedir dispositivos legais associados ao setor elétrico que trazem ainda hoje pesados ônus ao Paraná. O primeiro deles foi a “Lei de Itaipu” (Lei 5.899 de julho de 1973), que estabeleceu a compra compulsória de energia de Itaipu pelas principais concessionárias, inclusive aquelas com superávit de geração própria, como a COPEL. Essa tarifa era estabelecida em função do financiamento do empreendimento e ajustada de acordo com o câmbio do dólar, enquanto que as tarifas de distribuição ficavam sujeitas às políticas internas do governo federal, historicamente deprimidas. Ainda, a constituição de 1988 criou uma exceção na tributação do ICM que fez com que a energia elétrica passasse a ser o único produto industrializado cujo imposto é recolhido onde é consumido, prejudicando os principais estados exportadores de eletricidade – Paraná e Minas Gerais – e beneficiando as grande metrópoles consumidoras brasileiras – São Paulo e Rio de Janeiro. Estas assimetrias acabam servindo como mais um argumento a justificar a recente “guerra fiscal” com São Paulo.⁴⁹

À parte da pouca influência do Estado do Paraná na definição e controle do aproveitamento de parcela substancial de seus recursos energéticos, também foi dada pouca importância ao aproveitamento dos recursos hídricos para outros fins além da geração elétrica. Ao se planejar o aproveitamento dos recursos hídricos paranaenses não foram considerados, ou o foram apenas marginalmente, aspectos como irrigação, abastecimento de água, controle de enchentes e outros. Mesmo mais recentemente, já na década de 90, ao se retomar o planejamento do aproveitamento dos rios Tibagi, Ivaí e Piquiri, ainda permanece como prevalecente a visão setorial da geração de energia elétrica. Também jamais foram considerados o controle de cheias do Alto Iguaçu (até União da Vitória) e a possibilidade de irrigação, e se não tivesse ocorrido a escalada dos preços de petróleo a partir de 1973, provavelmente teria sido construída a barragem de Lança e inundada parte dos depósitos de xisto de São Mateus do Sul.⁵⁰

Apesar do crescente comprometimento dos recursos hídricos na RMC, as bacias do rio Capivari e do rio Arraial não foram consideradas para o abastecimento de Curitiba pelo Plano Diretor de Água da RMC em 1992, uma vez que ambas já estavam “comprometidas com aproveitamentos hidrelétricos da COPEL, motivo pelo qual a utilização de suas águas para fins de abastecimento da RMC somente pode ser efetuada quando as duas centrais

19/janeiro/2000.

⁴⁹ FAYET, L. A. Guerra fiscal, suas causas e realidades. CORECON, Jornal do Economista, Março/Abril/Maio/98, Curitiba, p.4.

⁵⁰ ESTADO DO PARANÁ, Aproveitamento..., p. 2.2

forem desativadas”.⁵¹

Algumas outras redes de infra-estrutura ligadas ao potencial energético do Estado tiveram o seu desenvolvimento impedido ou desacelerado. O aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do Iguaçu, que acabou por estabelecer uma cascata de reservatórios distribuídos entre Salto Caxias e Foz do Areia (numa extensão de aproximadamente 600 km paralela à BR277) se concentrou exclusivamente nos aspectos ligados à geração hidrelétrica. Não se conhece um esforço sério no sentido de aproveitamento desses reservatórios para o re-estabelecimento de uma via de navegação fluvial histórica, embora a principal produção do oeste paranaense seja de grãos (soja, trigo e milho), o que representa grandes vantagens econômicas para o transporte fluvial a granel.

No que diz respeito ao desenvolvimento da malha ferroviária paranaense e à sua eletrificação, face a enorme disponibilidade de eletricidade ao longo do rio Iguaçu, o que se viu foi um consistente desestímulo desde meados da década de 70. A interrupção dos recursos para a duplicação e eletrificação da ferrovia Curitiba-Paranaguá, mesmo com grande parte da infra-estrutura concluída no 1º. planalto e posteriormente abandonada, impediu a ampliação do movimento de grãos no porto de Paranaguá, uma opção economicamente mais atraente do que o porto de Santos para a exportação da produção de soja do Mato Grosso do Sul, Paraguai, Norte do Paraná e sul de São Paulo.* Neste período os recursos do setor foram concentrados na construção das obras da CESP (hidrelétrica Dois Irmãos e o Canal Pereira Barreto) ligadas à hidrovía Paraná-Tietê, que foi concluída e consolidou o porto de Santos não só como exportador da produção de grãos do Mato Grosso do Sul e do Paraguai como também do norte e noroeste paranaenses.⁵²

A desarticulação entre o potencial elétrico estadual e a infra-estrutura de transportes durante toda a década de 70 até os dias de hoje é surpreendente. Vale notar ainda que trechos da ferrovia Curitiba Paranaguá já eram eletrificados desde 1961 pela usina Marumbi, que além das locomotivas que faziam o trecho da Serra do Mar, abastecia ainda as cidades de Morretes, Antonina e Paranaguá.⁵³ Finalmente, é importante notar que a própria rede de transporte coletivo de Curitiba não foi eletrificada, apesar de todo o potencial de adequação estrutural e de tentativas realizadas no final dos anos 80 pela Prefeitura de

⁵¹ SANEPAR. op. cit. p. 4-3.

* O autor iniciou sua vida profissional trabalhando como técnico nas obras de terraplanagem do trecho do planalto dessa estrada, que se encontra hoje abandonada. Parte dela é visível do viaduto sobre a estrada de ferro entre Curitiba e São José dos Pinhais, à esquerda de quem vai para o Aeroporto Afonso Pena; as favelas ocupam o leito da estrada que segue para leste através das cavas do Iguaçu.

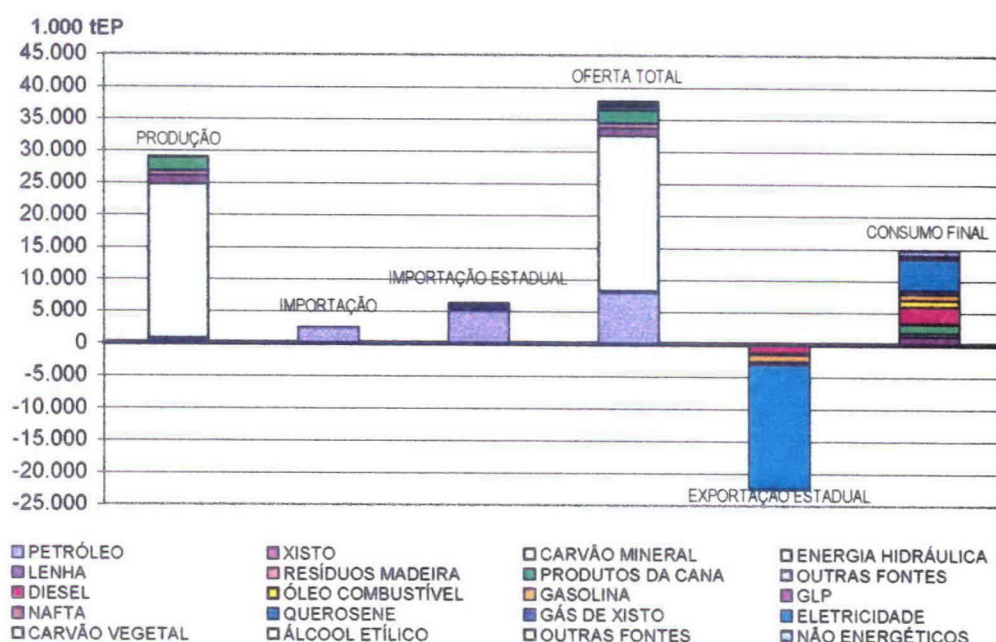
⁵² GAZETA DO POVO. Custos serão menores com as hidrovias. 18/setembro/94, p. 3.

⁵³ RVPSC - Rede Viação Paraná Santa Catarina. RVPSC - Oitenta Anos, edição especial da revista “Correio dos Ferroviários” de fevereiro de 1965 ano XXXII, p. 70.

Curitiba para a implantação do sistema de bondes.

Como evidência, o balanço energético do Paraná tem mostrado, há mais de duas décadas, a tendência contínua e crescente que caracteriza o estado como um forte exportador de eletricidade e um importador de petróleo. Na figura abaixo, que mostra o balanço de energia do Paraná em 1998, fica claro que, mesmo incluindo todo o esforço de industrialização do Estado dos últimos 20 anos, cerca de 80% da energia produzida no território paranaense é exportada (principalmente eletricidade), enquanto que cerca de 35% da energia consumida no estado é importada (principalmente petróleo e combustíveis fósseis). O crescimento dos fluxos de energia produzida no Paraná estão muito mais diretamente relacionados com a exportação do que com a utilização para a produção interna.

FIGURA 6.11 - BALANÇO DE ENERGIA NO PARANÁ 1998



FONTE: Balanço Energético Estadual 1998, COPEL, 1999

6.5.5 Escala e Regionalização

A Escala Nacional

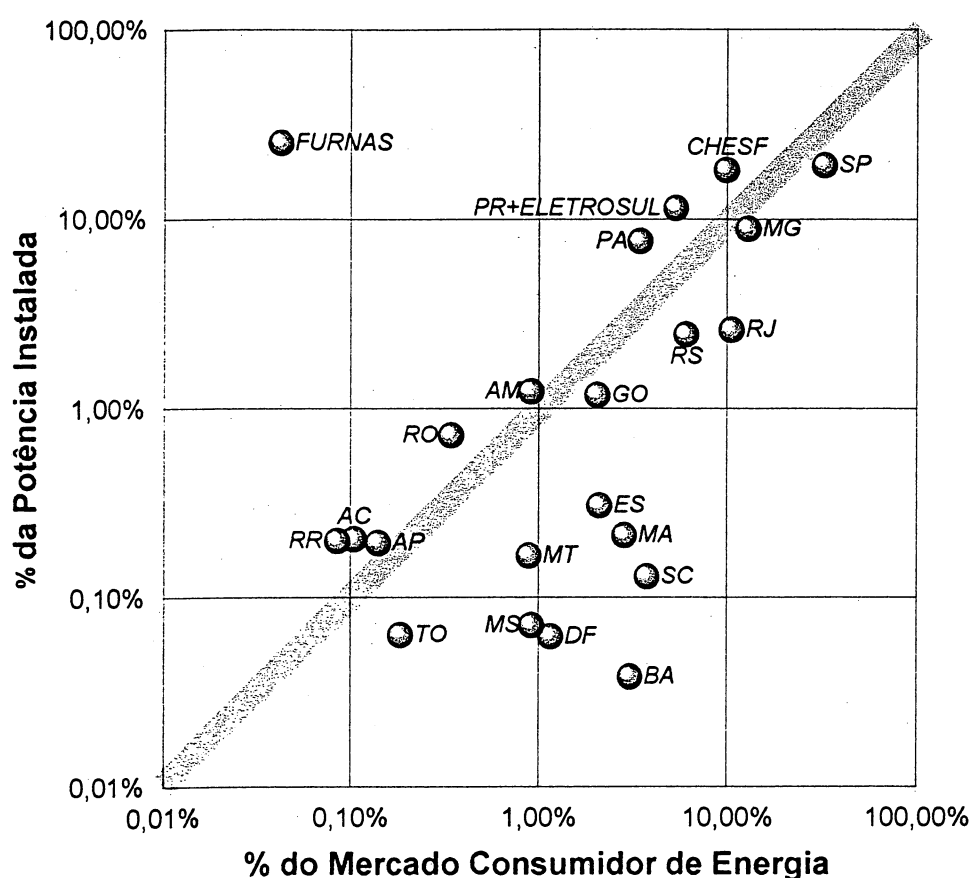
O sistema elétrico está instituído em escala nacional. Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, a utilização do potencial hidroelétrico do país determinou as características singulares do sistema, condicionadas pela limitação espacial dos recursos hídricos naturais de cada região. As usinas desse tipo são geralmente de grandes proporções e são construídas onde melhor se pode aproveitar as aflúências e os desníveis dos rios, na maior parte das vezes em locais distantes dos centros consumidores. Assim, para atender ao mercado, foi necessário desenvolver um extenso sistema de transmissão, em que as linhas criam uma complexa rede de caminhos alternativos para escoar com segurança a energia produzida até os centros de consumo.

O sistema elétrico do Brasil era até recentemente formado por dois grandes sistemas interligados internamente porém isolados entre si, um com as empresas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e outro reunindo as concessionárias da região Nordeste e parte da região Norte. A interligação entre esses dois sub-sistemas foi realizada na maior escala da rede de transmissão no final de fevereiro de 1999, unidos por uma linha de transmissão com 1.000 MW de capacidade, a Interligação Norte-Sul, passando a formar um único sistema interligado de âmbito nacional. Atualmente, apenas 3,9% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora desse sistema, em pequenos sistemas isolados, localizados principalmente na região amazônica. A figura da página seguinte (um gráfico de agregação logarítmico) mostra a relação entre o mercado consumidor de energia e a energia gerada pelos diversos concessionários do sistema elétrico nacional, preparado com dados de 1997.

A exploração coordenada dos recursos hidro e termoeletrônicos e a operação centralizada permite que a diversidade do comportamento das vazões entre os rios de diferentes bacias hidrográficas possa ser controlada e utilizada em benefício do sistema. Isso é conseguido aumentando consideravelmente a complexidade do sistema, pela interdependência operativa das usinas situadas em sequência nos rios, pela interconexão das redes de transmissão das empresas, e pela integração da geração e transmissão no atendimento do mercado, permitindo que se maximize a disponibilidade e a confiabilidade do suprimento de energia. Estudos realizados em 1997 pelo setor comprovaram que a operação

integrada acresce 24% à disponibilidade de energia do parque gerador, sem investir em novas usinas e equipamentos, em relação ao que se teria se cada empresa operasse suas usinas isoladamente. Ao longo das duas últimas décadas, os benefícios da operação coordenada permitiram adiar investimentos de geração da ordem de 7.000 MW, o que exigiria recursos de cerca de 9,8 bilhões de dólares.

FIGURA 6.12 - GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (1997)



FONTE: Gráfico elaborado a partir de dados da ANEEL (site) Distribuição do mercado consumidor e de geração

NOTAS: a) Paraná inclui ELETROSUL;
 b) Excluídos autoprodutores e independentes;
 c) FURNAS inclui Itaipu;
 d) Incluídos em CHESF os mercados de AL, CE, PB, PE, PI, RN que tem empresas de distribuição mas não geram energia.

Dentre todos os sub-sistemas nacionais FURNAS representa o maior deles, estendendo-se por grande parte das Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e no Distrito Federal, onde vive atualmente metade da população brasileira, consumindo 66% da energia

elétrica produzida no país e concentrando 67% da produção industrial. Considerando a sua capacidade instalada de 9.080 MW e a comercialização da energia de Itaipu (12.600 MW), FURNAS é responsável por cerca de 43% de toda a energia consumida no país e um quarto da potência instalada (incluindo 50% de Itaipu). Além disso, FURNAS também participa do contrato de importação de energia da Argentina, responsabilizando-se por 70% da compra dos 1.000 MW de potência firme e energia associada disponibilizada a partir 2000.⁵⁴

A “Rede Básica”, espinha dorsal do grande sistema de transmissão interligado nacional, passa a dominar, a partir do final da década de 90, de forma monopolista, todas as transações energéticas no país. É interessante observar que o novo arranjo do setor elétrico, principalmente a Rede Básica, formam também novas regionalizações no espaço geográfico a partir de uma regionalização no espaço dos fluxos de energia elétrica, dentro de uma racionalidade baseada na “necessidade de regulamentar as condições para o acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, de forma a viabilizar novos investimentos, a competição na geração de energia elétrica e propiciar a expansão da oferta a preços adequados para o consumidor”.⁵⁵

Tal regionalização é caracterizada por Zonas de Carga (consumo) e Zonas de Geração, definindo “Zonas Geo-Elétricas”, que seriam subconjuntos da rede elétrica que atendem aos usuários localizados numa determinada área geográfica, para os quais serão atribuídos um valor de encargo pelo uso da transmissão de eletricidade e composta por um conjunto especificado de subestações. Segundo esse esquema, a RMC estaria inclusa na Zona Geoeletrica 12, “Paraná Leste”, composta pelas seguintes subestações: Curitiba, Campo Comprido, Gov. Parigot de Souza, Guarapuava, Irati, Matinhos, Paranaguá, Pilarzinho, Ponta Grossa Norte, Ponta Grossa Sul, Praia de Leste, Rio Azul, Sabará, São Mateus do Sul, Uberaba, Umbará e União da Vitória.

A Escala Local: COPEL

A figura da página seguinte mostra, através de um gráfico de agregação logarítmico, a concentração regional do consumo de eletricidade nas microrregiões homogêneas do Paraná em 1998. Refletindo a grande concentração industrial, a região de Curitiba é responsável por 35% da energia consumida no estado enquanto que detém 29% do número total de consumidores. Pode ser observado que as regiões que mais concentram

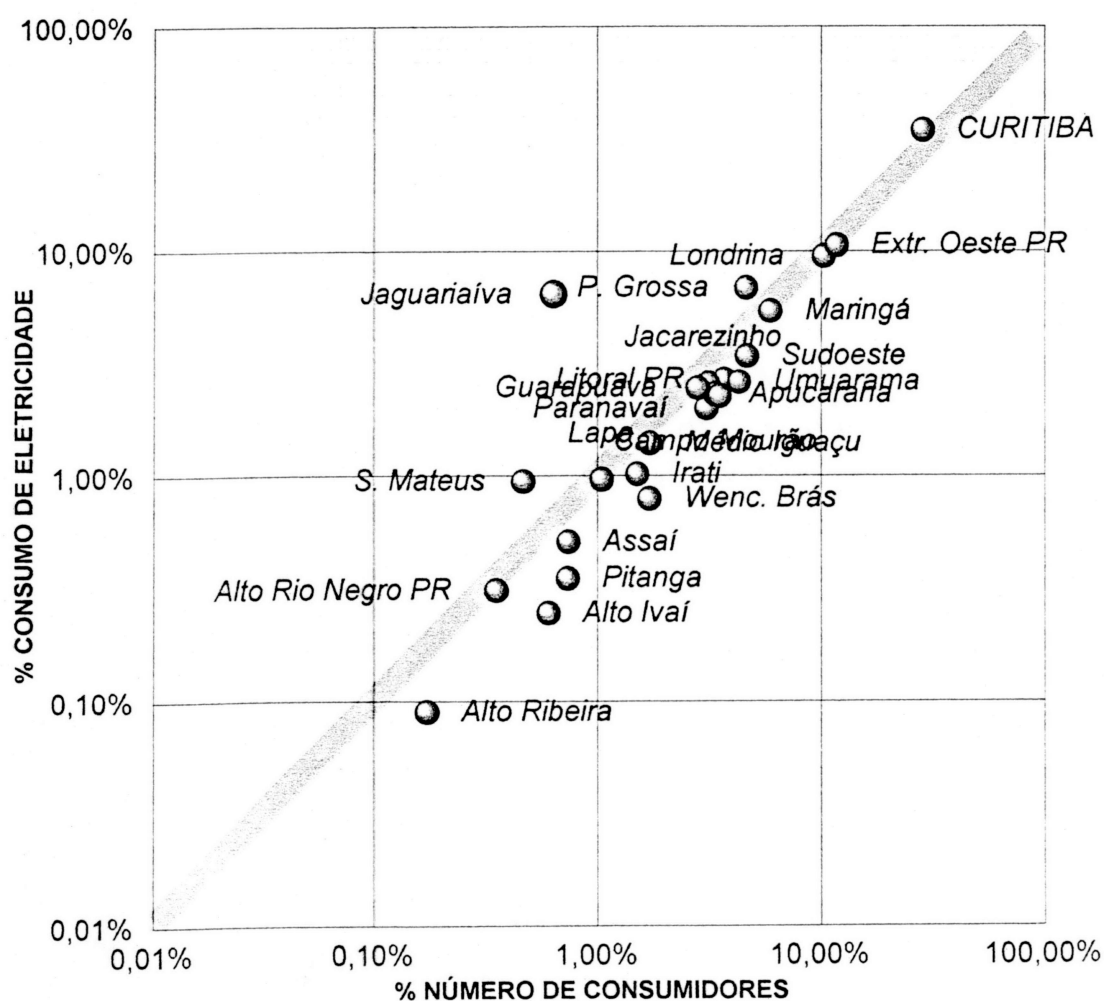
⁵⁴ FURNAS. www.furnas.com.br acesso em julho/2000.

⁵⁵ DNAEE; Portaria No. 459 de 10 de novembro de 1997.

consumo (Curitiba, Jaguariaíva, Ponta Grossa e São Mateus) correspondem àquelas regiões onde a parcela de consumo industrial é significativa, normalmente associados a setores como papel e celulose, cerâmica e cimento.

A maior parcela da eletricidade consumida no estado é gerada nas grandes usinas do rio Iguaçu, localizadas no oeste do Paraná porém interligadas ao sistema nacional, e transmitida para muitos locais, incluindo Curitiba, por um complexo sistema de transmissão.

FIGURA 6.13 - CONCENTRAÇÃO REGIONAL DO CONSUMO DE ELETRICIDADE NO PARANÁ - 1998



FONTE: Gráfico elaborado a partir de dados do Informe Estatístico Anual 1998 - COPEL

6.6 O SISTEMA DO GÁS – CENTRALIDADES INTERNACIONAIS E RISCOS LOCAIS

6.6.1 A PETROBRAS e o oleoduto da Refinaria de Araucária

A fonte energética mais utilizada no Paraná, desde a década de 60, continua sendo o petróleo, com 39,7% do total de energia consumida em 1998. Apesar da crise econômica pela qual vem atravessando o país, em vários setores industriais, no Estado houve um acréscimo no consumo de derivados de petróleo de 7,3% no ano de 1998 em relação à 1997.⁵⁶ O sistemas de produção e transformação de derivados de petróleo no Paraná é de responsabilidade da PETROBRAS, ao passo que a distribuição é realizada por ela e por diversas outras. Até o final da década de 80 a PETROBRAS não possuía atividade de exploração de petróleo no estado, o que muda a partir de 1989 com os resultados das prospecções de reservas tanto no mar (Bacia de Santos) como em terra (bacia do Paraná) que indicaram poços viáveis que atingem 137 milhões de barris na Bacia de Santos.⁵⁷

O sistema de abastecimento de derivados de petróleo no Paraná, norte de Santa Catarina e o sul de São Paulo, na região de Ourinhos, além de excedentes exportados para outros estados brasileiros e para o exterior, se realiza através da refinaria da PETROBRAS, a REPAR – Refinaria Getúlio Vargas. Inaugurada em 1977 em Araucária, a capacidade de refino de petróleo bruto da REPAR é de 170.000 barris/dia, que chega na refinaria através de um oleoduto com diâmetro de 76 cm num percurso de 120 km desde o terminal em São Francisco do Sul (litoral norte de SC), recentemente causador de um dos acidentes com maior impacto ambiental que se tem notícia no Paraná:

Por volta das 14 horas do dia 16 de julho de 2000, uma tarde de Domingo, uma mancha de óleo, com cerca de 20 quilômetros de extensão, tomava conta do Rio Iguaçu, principal rio do Paraná, em decorrência de um vazamento de aproximadamente 4 milhões de litros de óleo da Refinaria Presidente Getúlio Vargas, em Araucária, na região metropolitana de Curitiba (...) O vazamento aconteceu com a ruptura de uma junta de expansão de uma tubulação da refinaria (...) De acordo com a PETROBRAS, o problema começou por volta de 13h15, mas só foi percebido duas horas depois (...) Ao sair da tubulação, o óleo percorreu cerca de 2,8 mil metros até o Rio Barigüi. Depois de poluir o Barigüi por 5,8 mil metros, o óleo derramou-se no Rio Iguaçu, que corre pelas regiões sul e oeste de Araucária, município de cerca de 90 mil habitantes. Dali o Iguaçu percorre 800 quilômetros até sua foz. Distante 240 quilômetros de Araucária, fica a usina Foz do Areia, da Companhia Paranaense de Energia (...) O primeiro município que capta água do Iguaçu é União da Vitória, distante cerca de 200

⁵⁶ COPEL. Balanco energético 1998. Curitiba, 1994.

⁵⁷ COPEL. Matriz energética do Paraná, 1994, p. 44.

quilômetros de Araucária (...) Além de cancerígeno, o óleo provocou danos irreparáveis à flora e fauna locais, bem como comprometeu a saúde e as atividades agrícolas e pesqueiras de moradores ribeirinhos (...) De acordo com o diretor da Petrobras, Alvaro de Souza Fernandes, o acidente de domingo perde em volume somente para o ocorrido com o navio Tarik, que, em 74, derramou 6 milhões de litros de óleo na Baía de Guanabara.⁵⁸

Toda a água utilizada no processamento do petróleo da REPAR vem da barragem do Rio Verde, que também é considerado o último manancial superficial disponível para as cidades de Campo Largo e Araucária, cujos mananciais atuais já estão comprometidos pela ocupação urbana.

6.6.2 A História do Gás Natural na RMC

O gás de refinaria é um subproduto do refino do petróleo, e apesar de sua produção disponível ser da ordem de 120.000 m³/dia, parcialmente distribuída entre algumas empresas próximas à refinaria e parcialmente queimada na atmosfera, a restrição à sua distribuição na RMC sempre esbarrou na inexistência de uma rede regional. A disponibilização desse insumo seria importante para as indústrias cerâmicas, localizadas principalmente em Campo Largo, e para as do setor cimenteiro e do cal, localizadas no norte e a oeste da RMC (Rio Branco do Sul, Colombo e Balsa Nova).

Embora possuam características diferentes, tanto o gás natural como gás de refinaria são excelentes combustíveis com características particulares que possibilitam a sua utilização em praticamente todas as aplicações em substituição aos outros combustíveis fósseis, como carvão, óleo combustível, óleo Diesel ou gasolina, com menor dano ao meio ambiente. Além disso, o gás oferece uma grande quantidade de tecnologias de alta eficiência energética com vantagens econômicas significativas. As principais características que recomendam a sua utilização são:

- a) os gases combustíveis possuem baixo teor de enxofre em relação ao mesmo poder calorífico de outros combustíveis, que no caso do gás natural chega a ser mais de mil vezes menor que carvões e óleos combustíveis pesados, e emite 1,5 a 2 vezes menos NO_x que esses óleos;
- b) pelo fato de não possuírem materiais particulados, os gases combustíveis apresentam baixos índices de poluição e não provocam depósitos de resíduos que afetem o

⁵⁸ FADEL, E. Jornal O Estado de São Paulo, 18 julho 2000

desempenho dos equipamentos e nem contaminam os produtos;

- c) os gases combustíveis podem ser usados em queimadores com larga faixa de vazão, favorecendo a utilização de modernas técnicas de automação e controle com redução das perdas de energia com conseqüente redução de custos de operação e manutenção com aumento da vida útil dos equipamentos.

A mobilização de interesses paranaenses em torno da disponibilização do gás de refinaria da REPAR tem início a partir de meados da década de 80 e início dos anos 90. Nesse período as Federações das Indústrias dos Estados do PR, SC e RS, em reuniões conjuntas no CODESUL, discutiam a necessidade do gás para as indústrias, inclusive aventando a possibilidade da importação desse energético da Argentina e do Oriente Médio, por meio de navios metaneiros. A partir desses entendimentos foi criada a INFRAGÁS, no final de 1990, formada pelos interesses do Paraná e de Santa Catarina, com participação do estado e da iniciativa privada, contando com 130 associados, na maioria empresas de Santa Catarina. Nessa época as opções para a disponibilização do gás na região eram principalmente:

- a) gás do Xisto (GLX) de São Mateus do Sul - A produção possível estimada na época era de 160.000 m³/dia, podendo chegar a 400.000 m³/dia. A indústria cerâmica INCEPA era uma grande interessada e logrou estabelecer uma unidade industrial abastecida por esse insumo em São Mateus, através de uma usina piloto que continua em operação, consumindo cerca de 23.000 m³/dia. Os investimentos necessários para o aumento de disponibilidade do GLX poderiam ser divididos também com as indústrias moageiras interessadas, dependendo do preço determinado pela PETROBRAS;
- b) gás natural da Bacia de Santos (litoral PR/SC) - A exemplo do petróleo, a descoberta de gás natural comercialmente explorável no Paraná é relativamente recente. Até dezembro de 1991 haviam sido identificadas reservas da ordem de 10.400 milhões de m³ na plataforma continental do Paraná. As estimativas da PETROBRÁS variaram muito desde que as descobertas foram anunciadas, partindo de 4 milhões m³/dia e situando-se hoje em torno de 800.000 m³/dia.

Existia ainda a perspectiva da instalação do gasoduto Bolívia – Brasil (GASBOL), e de sua extensão até os estados do sul do país. No entanto, dadas as condições do projeto do

gasoduto e da história de idas e vindas da PETROBRAS já havia meio século, existiam dúvidas até o início da década de 90 quanto à sua viabilidade econômica e comercial. Havia também a possibilidade de que o gasoduto não se estendesse a partir de São Paulo, em razão das gestões feitas naquele estado para que o preço do gás não se elevasse com o custo do trecho adicional (PR, SC e RS).⁵⁹ Os volumes previstos para o Paraná, na época, eram de 1.161 milhões m³/ano no primeiro ano até 1.748 milhões m³/ano no oitavo ano, e o custo total estimado do GASBOL, incluindo o trecho até o sul do país, da ordem de US\$2 bilhões.⁶⁰ O mercado potencial estimado da Região Metropolitana de Curitiba e de Ponta Grossa era de 2,3 milhões m³/dia.

De fato, a história do gás natural no Paraná está ligada à história de redes de infraestrutura que cruzam a América do Sul e à história da expansão da PETROBRAS em mercados internacionais. Em fevereiro de 1938 os governos do Brasil e da Bolívia assinaram dois tratados: um sobre a vinculação ferroviária entre os dois países e outro sobre a utilização dos recursos petrolíferos bolivianos. O primeiro deu origem à construção da E.F. Brasil-Bolívia, entre Corumbá (MS) e Santa Cruz de La Sierra, inaugurada em janeiro de 1955. O segundo estabeleceu uma área reservada a trabalhos conjuntos dos dois países relativos a pesquisa de petróleo, trabalhos esses que não viriam a ser realizados até 1959.

No entanto, como a história administrativa do petróleo no Brasil esteve sempre “associada a crises de autoridade e de disputa de poder”, comandos militares e debates intermináveis de opositores nacionalistas/estatistas e liberais/privatistas, a exploração das reservas bolivianas de gás natural só entrou em fase decisiva de negociações entre a PETROBRAS e a sua contraparte boliviana, YPFB, no final de 1991, que culminou com a assinatura de um contrato de compra de gás natural entre as duas empresas petrolíferas, em 17 de fevereiro de 1993, em Cochabamba na Bolívia.⁶¹ Os últimos acordos foram firmados em 1996 e previam a importação inicial de 8 milhões de m³/dia crescendo gradualmente até 16 milhões de m³/dia em sete anos, o suficiente para viabilizar o gasoduto Brasil-Bolívia até Campinas/SP. Caso a capacidade máxima do gasoduto fosse utilizada continuamente (o que na prática é irrealizável), a importação de gás poderia atingir o equivalente a, respectivamente, 2,6 e 5,2 milhões de tEP/ano, ou seja, aproximadamente igual à produção de gás nacional pela PETROBRAS.⁶²

Desde meados da década de 90, com a crescente abertura do mercado de energia

⁵⁹ UNILIVRE, op. cit., p. 3-33.

⁶⁰ PETROBRAS. Projeto de gás da Bolívia. material promocional, s/d.

⁶¹ LETTE, A. D. A energia do Brasil. p. 77, 133 e 359.

⁶² Ibid., p. 359.

para a participação do capital privado, a movimentação de empresas para a construção de um gasoduto que transportasse o gás de refinaria da REPAR para o consumo das indústrias na RMC era intensa. Dentre essas empresas estava a COCEL – Companhia Campolarguense de Energia, que havia mudado a sua razão social em 1993, seguindo a estratégia adotada pela COPEL em 1979, para poder operar com outras fontes de energia que não somente a eletricidade, tendo em vista principalmente as reservas identificadas de gás natural no litoral paranaense, a retomada das negociações da PETROBRAS com a YPFB (Bolívia) com perspectivas da vinda do gás natural desse país e a importância do insumo para as indústrias cerâmicas e de porcelana do município.

Após uma série de atropelos e recusas tanto por parte da PETROBRAS como por parte do governo do estado em receber representantes da COCEL e da Prefeitura de Campo Largo, que reivindicavam o direito de distribuição do gás em território do município, em 6 de julho de 1994 um decreto do governo do Paraná autorizava a COPEL a criar a COMPAGÁS – Companhia Paranaense de Gás, sociedade de economia mista que teria por objetivo “a exploração dos serviços de gás canalizado e demais atividades correlatas e afins”, com direito de monopólio estatal e concessão para explorar esses serviços em todo o território do Paraná, com exclusividade de distribuição.⁶³ Finalmente, a partir de novembro de 1998, a PETROBRAS iniciou a distribuição do gás de refinaria para utilização pelo setor industrial da RMC.⁶⁴

6.6.3 Racionalidades Globais e Irracionalidades Locais: a Epopéia do Gasoduto de Campo Largo

O sistema de gás natural na RMC talvez seja aquele que demonstre de forma mais evidente o conflito entre racionalidades globais dos sistemas hierarquizados de recursos naturais e as racionalidades locais aonde se localizam suas estruturas. A história recente da implantação do gasoduto REPAR – Campo Largo, desde a discussão dos impactos ambientais e dos riscos com a comunidade e o seu desenrolar até a operação, refletem esses conflitos de maneira ímpar.

Campo Largo é um dos municípios da RMC com maior autonomia em relação ao pólo metropolitano. Já abrigou algumas das maiores empresas da RMC, principalmente do

⁶³ ESTADO DO PARANÁ. Lei 10856 de 6/junho/1994, Diário Oficial (assinada pelo governador Márcio Pereira), p. 83.

⁶⁴ BRASIL ENERGIA. Estatísticas de vendas de gás, no. 221, abril/99, p. 94.

setor cerâmico (STEATITA, INCEPA, LORENZETTI, GERMER, SCHMIDT e POLOVI), que ali se instalaram desde 1954. Especificamente no setor da porcelana sanitária e de mesa, a indústria campolarguense se destacava no cenário nacional pela sua qualidade e produtividade. A partir do final da década de 80 o setor de porcelana de mesa, com seu processo quase artesanal, entra em decadência em função da crescente competição trazida com a abertura do mercado para as importações das baratas porcelanas chinesas e falta de investimentos em modernização e produtividade. O perfil industrial tradicional do município permitiu uma relativa autonomia em relação ao pólo metropolitano:

Dos municípios que compõem o anel imediatamente periférico a Curitiba, Campo Largo se mantém como não absorvedor do extravazamento da ocupação do pólo. Seu perímetro urbano (à exceção do distrito de Ferraria) não forma contiguidade com o perímetro urbano do município de Curitiba, o que acaba por constituir-se em umbral legal.⁶⁵

O sistema de energia elétrica de Campo Largo, operado pela COCEL – Companhia Campolarguense de Energia, criada em 1967, é um dos poucos sistemas municipalizados que sobreviveram à onda de incorporação pelas grandes companhias estatais da década de 70 e, apesar de não possuir geração própria, responde pelo abastecimento de cerca de 97% da população do município e da maior parte de suas indústrias, cobrindo a totalidade do perímetro urbano e da extensa área rural ao norte do município. Até esta data a totalidade da energia distribuída pela COCEL era comprada da COPEL.⁶⁶

Dado o forte perfil cerâmico do setor industrial campolarguense, a disponibilização do gás de refinaria ou do gás natural sempre foi uma reivindicação importante para o município, visto que esses recursos significavam não só uma redução da poluição do ar causada pelas indústrias cerâmicas locais, mas também representavam uma nova alternativa para a modernização e desenvolvimento. Membros do poder público, da COCEL, representantes da comunidade e de movimentos ambientalistas da cidade, em diversas oportunidades desde o início da década de 80, estiveram envolvidos com o governo do estado, COPEL, e mais recentemente a COMPAGAS, na reivindicação de um gasoduto desde a REPAR, em Araucária, que atendesse as necessidades da indústria local na demanda pelo gás de refinaria.

Do ponto de vista ambiental o gás tinha uma importância evidente na qualidade do ar da cidade, visto que as maiores indústrias cerâmicas estão localizadas dentro do

⁶⁵ MOURA, R. e ULTRAMARI, C. op. cit. p.30.

⁶⁶ PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO et al. Plano diretor do Parque Cambuí. Campo Largo, 1995, p.3-44.

perímetro urbano em áreas residenciais. Existem estimativas das emissões de alguns poluentes atmosféricos (SO₂ e NO₂) associados aos processos industriais existentes em Campo Largo, que se baseiam somente no consumo médio de óleo combustível pelas principais indústrias cerâmicas (não considerando outros combustíveis), elaboradas por entidades ambientalistas do município, e que estão mostradas na tabela abaixo.⁶⁷ Por essas estimativas, seriam lançados diariamente na atmosfera de Campo Largo cerca de 14,4 toneladas de óxidos de enxofre e de nitrogênio; anualmente esse volume poderia somar mais de 5.000 toneladas, quantidade nada desprezível considerando ainda que em algumas épocas do ano, principalmente no inverno, as condições de dispersão de poluentes aéreos não são favoráveis, o que pode implicar em concentrações graves de qualidade do ar deficiente. É importante ainda notar que se as mesmas empresas substituíssem o óleo combustível por quantidade equivalente de gás natural, o volume diário total de emissões estimado cairia para perto de 900 kg, aproximadamente 6% do valor anterior.

TABELA 6.4 - SIMULAÇÃO DA EMISSÃO DE POLUENTES PELAS INDÚSTRIAS DE CAMPO LARGO EM 1997

EMPRESA	Óleo Combustível (m ³ /dia)	SO ₂ (Kg/dia)	NO ₂ (Kg/dia)
INCEPA	91,07	9343,52	907,94
PORCELANA SCHMIDT	14,21	1457,74	141,65
PAPELÕES HÖRLLE	12,26	1258,06	122,25
LORENZETTI	5,81	596,05	57,92
CERÂMICA IGUAÇÚ	3,03	310,39	30,16
STUDIO TACTO	1,82	186,32	18,10
TOTAL	128,19	13152,08	1278,03

FONTE: MEACAM – Movimento Ecológico Amigos do Cambuí

Desde 1993 a Prefeitura de Campo Largo, através das Secretarias de Planejamento e de Indústria e Comércio, a Associação Comercial e Industrial de Campo Largo e representantes das indústrias cerâmicas vinham discutindo com a COPEL traçados alternativos para o gasoduto REPAR – Campo Largo de forma a atender, da melhor forma possível, tanto a demanda das indústrias como restrições impostas pela ocupação urbana e áreas destinadas ao desenvolvimento industrial da cidade. Essas discussões resultaram na

⁶⁷ MEACAM - MOVIMENTO ECOLÓGICO AMIGOS DO CAMBUÍ. Considerações e recomendações relativas aos estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental das instalações industriais da Chrysler do Brasil no município de Campo Largo, Estado do Paraná; Campo Largo, junho de 1997, p. 7.

maior parte do traçado implantado que hoje se conhece, com cerca de 55 km que atende às principais empresas consumidoras de Campo Largo, inclusive INCEPA e LORENZETTI.

No entanto, um trecho de 2,5 km no trajeto proposto pela COMPAGAS entre as indústrias INCEPA e a LORENZETTI, passa a causar uma polêmica na cidade. O traçado discutido e negociado com a COMPAGÁS previa o abastecimento da INCEPA, o maior consumidor individual, pela extensão do tramo norte do gasoduto, enquanto que o abastecimento da LORENZETTI seria feito pelo sul da cidade, a partir de um ponto no trecho do gasoduto que vinha de Araucária, evitando assim cruzar a cidade com um tramo de abastecimento industrial. O traçado apresentado pela COMPAGÁS, no entanto, seguia a racionalidade dos "grafos econômicos", "árvores mínimas" e a lógica global peculiar de que a distância mais curta entre os dois pontos seria uma linha reta cruzando a área central da cidade, densamente povoada, para abastecer a LORENZETTI a partir da INCEPA.

A polêmica movimentou a opinião pública e entidades ambientalistas da cidade, demonstrado em uma ampla cobertura jornalística e num abaixo assinado que contém mais de 300 assinaturas colhidas ao longo desse trajeto. Em setembro/98 este posicionamento foi levado ao conhecimento do CAPMA - Centro de Apoio às Promotorias de Meio Ambiente do Paraná, que já havia iniciado um procedimento de análise do processo de implantação da rede de distribuição do gás na Região Metropolitana de Curitiba.^{68 69 70 71}

Os principais argumentos contra a alternativa proposta pela COMPAGÁS derivavam da racionalidade local. As entidades ambientalistas criticavam o EIA/RIMA produzido pela COMPAGÁS e a alternativa selecionada por esta, por ela desconsiderar "impactos sobre o meio urbano" e impor riscos ambientais à população vizinha ao gasoduto. Ficaram em segundo plano fatos como a COMPAGÁS ter iniciado as obras sem a apresentação do EIA/RIMA, com base em uma licença ambiental no mínimo contraditória expedida pelo IAP – Instituto Ambiental do Paraná, ou do EIA/RIMA ter sido posteriormente elaborado pela COPEL, empresa controladora da COMPAGÁS, contrariando o disposto nas resoluções do CONAMA quanto à independência entre empreendedor e executor dos estudos ambientais.⁷²

A racionalidade da COMPAGÁS derivava de compromissos comerciais e diplomáticos

⁶⁸ VENDRAMINI, A. Ecologistas protestam contra gasoduto. Jornal Folha do Paraná, 12/agosto/1998, p. 4.

⁶⁹ RIBEIRO, A. Ação quer paralisar obras do gasoduto. Jornal Folha do Paraná, 25/setembro/1998, p. 2.

⁷⁰ JORNAL O ESTADO DO PARANÁ. Ecologistas tentam parar obras do gasoduto na RM. 26/setembro/1998, p. 15.

⁷¹ JORNAL FOLHA DO PARANÁ. Promotoria questiona gasoduto, 25/setembro/1998, capa.

⁷² COMPAGÁS. Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental / Rede de Distribuição de Gás de Refinaria e Gás Natural – trecho entre Araucária e Campo Largo – Paraná; s/d (dez/98 ?)

internacionais firmados entre a PETROBRÁS e a YPFB, de exigências técnicas e econômicas associadas com um empreendimento de 3.500 km cruzando o território boliviano e o brasileiro, investimentos da ordem de US\$2 bilhões e contratos firmados com a PETROBRAS com cláusulas *take-or-pay* e *ship-or-pay*, que obrigam ao pagamento de cotas estabelecidas com ou sem a utilização do gás.⁷³ Além disso, para que o gasoduto da RMC pudesse ser viabilizado economicamente, somente o consumo contratado até a data não era suficiente. Para aumentar a demanda a COMPAGÁS vinha desenvolvendo uma campanha intensa junto a potenciais consumidores, e não lhe interessavam precedentes de questionamentos ou modificações de traçado impostos por comunidades se recusando a assumir os riscos que esse gasoduto implica. Em mais de uma oportunidade a presidência da COMPAGÁS mencionou que tais manifestações poderiam prejudicar os interesses da empresa em outros mercados, como os consumidores residenciais concentrados ao longo dos eixos estruturais de Curitiba.

Segundo os relatórios do MEACAM,⁷⁴ o EIA/RIMA não analisava impactos importantes sobre o ambiente urbano a médio e longo prazos, desconsiderando a possível desestruturação da malha urbana e alteração negativa do padrão de uso e ocupação do solo induzida pela implantação do gasoduto em áreas de uso residencial consolidado há décadas, no trecho entre INCEPA e LORENZETTI. Estimativas da própria COMPAGÁS indicavam que o volume de gás a ser consumido na RMC deveria crescer de algo em torno dos 200 mil m³/dia (demanda atual) para mais de 1 milhão de m³/dia. Tal aumento significativo de consumo seria incentivado pela COMPAGÁS, e previa-se ampliações de consumo pelas empresas que já haviam contratado o fornecimento, como por exemplo a INCEPA, responsável por cerca de 80% do consumo de gás a ser distribuído em Campo Largo, e que já havia investido em um novo forno.⁷⁵ Novas empresas deveriam ser atraídas por esse recurso, e por razões econômicas provavelmente se estabeleceriam ao longo do trecho existente do gasoduto – que no caso de Campo Largo cruzava áreas centrais e residenciais. A história do desenvolvimento industrial e urbano de Campo Largo tem mostrado que essas ampliações e a instalação de novas e importantes indústrias não respeitam nem os planos diretores municipais, nem a legislação ambiental e nem a estrutura urbana existente,

⁷³ SIQUEIRA, C. Gás boliviano chega ao Brasil. Brasil Energia no. 218, p. 26, janeiro/99.

⁷⁴ MEACAM - MOVIMENTO ECOLÓGICO AMIGOS DO CAMBUÍ. Considerações e recomendações relativas ao Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Rede de Distribuição de Gás de Refinaria e Gás Natural no Município de Campo Largo, Estado do Paraná. Campo Largo, Maio de 1999.

⁷⁵ LOGOS COMUNICAÇÃO. Incepa investe mais de US\$1 milhão para receber o gás canalizado em Campo Largo, press release, Curitiba, 3 de fevereiro de 1999.

resultando no agravamento dos problemas ambientais urbanos (cheias e poluição).⁷⁶

A alternativa selecionada pela COMPAGÁS colocava a população de uma área residencial densamente povoada sob riscos de vazamentos, aparentemente considerados mínimos e aceitáveis pela COMPAGÁS. O EIA/RIMA, entretanto, não quantificava esse risco nem fornecia elementos suficientes para que se pudesse fazer uma avaliação objetiva deles. Em virtude da falta de informações e estatísticas sobre acidentes ocorridos com gasodutos em organismos oficiais brasileiros, realizou-se pesquisa em órgãos de imprensa nacionais e estrangeiros a respeito de notícias sobre acidentes que tivessem ocorrido até a data da audiência pública e séries estatísticas sobre acidentes com redes de transmissão e de distribuição de gás natural nos Estados Unidos, através do Departamento de Transportes americano (DOT) que mantém programas de controle sobre todos os gasodutos em território americano, com dados desde 1986, e que são apresentados nas páginas seguintes.

O Quadro 6.3 mostra, com base em notícias veiculadas em órgãos de imprensa nacionais e na CNN, que acidentes com gasodutos que transportam gás natural são muito mais comuns do que os técnicos da COMPAGÁS haviam declarado e que as suas consequências não podem, de maneira alguma, serem consideradas desprezíveis.

A Tabela 6.5 mostra estatísticas com acidentes em redes de transmissão e de distribuição de gás natural nos Estados Unidos no período 1986-1998. Os dados indicam que a cada ano ocorrem, em média, cerca de 82 acidentes responsáveis por 3 mortes e mais de 15 feridos nas redes de transmissão, enquanto que as estatísticas mais alarmantes estão associadas com acidentes em redes de distribuição de gás natural, da mesma classe técnica que o gasoduto de Campo Largo. Nesta classe tem-se, em média a cada ano, cerca de 136 acidentes com mais de 18 mortos e mais de 83 feridos, representando ainda um montante médio de danos materiais da ordem de 15 milhões de dólares.

Finalmente, segundo os dados da Tabela 6.6, durante 1998 ocorreram nos Estados Unidos 132 acidentes com redes de distribuição de gás natural, onde 16 pessoas morreram, 62 ficaram feridas e os danos materiais ficaram próximos aos 18 milhões de dólares. Mais de 86% desses acidentes foram causados ou por fatores externos, ou por causas diversas que pouco têm a ver com a qualidade técnica ou operação do sistema, ou seja, acidentes propriamente ditos. Esses acidentes foram responsáveis por mais de 96% dos danos materiais, 14 das 16 mortes e 48 das 62 pessoas feridas.

⁷⁶ PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO et al. Op. cit.

QUADRO 6.3 - NOTÍCIAS DE INFORMES JORNALÍSTICOS SOBRE ACIDENTES COM GASODUTOS E GAS NATURAL 1998-1999

São Paulo, Brasil 10/fev/1999	Incêndio atinge gasoduto em São Paulo RIO, 10 (Agência O GLOBO) - Um incêndio está destruindo um gasoduto em Santo André, no ABC paulista. O fogo começou às 10h da manhã de hoje. O gasoduto, da PETROBRAS, transporta gás de cozinha. Sete viaturas do Corpo de Bombeiros estão no local, tentando controlar o incêndio. Ninguém ficou ferido. A área foi evacuada e não há riscos de explosão. O córrego Guararapes também está queimando na área próxima ao gasoduto. As informações são do "Jornal Hoje", da Rede Globo.
Allegan County, Michigan, USA 08/março/1999	Investigadores tentavam determinar as causas de uma explosão de gás natural que iluminou o céu de Michigan e deixou residentes sem aquecimento (CNN).
Bridgeport, Alabama, USA 22/janeiro/1999	Uma explosão aparentemente causada por um vazamento de gás natural arrasou dois prédios na área central da cidade matando três pessoas e ferindo outras (AP).
Des Moines, Iowa, USA 30/dezembro/1998	Dois caminhões colidiram numa usina térmica de gás causando diversas explosões e forçando a evacuação de 10.000 pessoas (CNN).
St. Cloud, Minnesota, USA 11/dezembro/1998	Uma explosão de gás natural sacudiu a área central da cidade matando três pessoas, ferindo ao menos 20 e soterrando possivelmente outras. A explosão arrasou um restaurante, danificou seriamente prédios adjacentes e destruiu vidraças em vários quarteirões (CNN).
Alhambra, California, USA 17/Novembro/1998	Uma explosão de gás natural arrasou um complexo de apartamentos de dois andares, onde duas pessoas foram feridas, espalhando detritos por diversos quarteirões em uma área residencial a leste do centro de Los Angeles (CNN).
Melbourne, Victoria, Australia 27/Setembro/1998	Centenas de milhares de pessoas e as principais indústrias do estado de Vitoria, o segundo mais populoso da Australia, ficaram sem gás depois de uma série de explosões em uma estação de gás natural na costa. Dois homens foram mortos e oito outros ficaram feridos. A Esso tenta determinar as causas do acidente, que provocou uma das maiores crises de fornecimento de energia, uma vez que as instalações afetadas fornecem cerca de 80% do gás fornecido no estado. Cerca de 1,4 milhões de consumidores tiveram que ser desligados do sistema, incluindo hospitais, fábricas de automóveis, cervejarias, <u>indústrias cerâmicas</u> e cimenteiras (CNN).
Moscú, Russia 29/julho/1998	Uma explosão de gás derrubou parte de um prédio de apartamentos de 10 andares em Moscú, matando, no mínimo quatro pessoas, inclusive uma criança. (CNN).

FONTE: MEACAM

TABELA 6.5 - ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES COM REDES DE TRANSMISSÃO E DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NOS ESTADOS UNIDOS 1986-1998

ANO	Gasodutos de Transmissão de Gás Natural				Gasodutos de Distribuição de Gás Natural			
	No. de Acidentes	No. de Mortos	No. de Feridos	Danos Materiais (US\$)	No. de Acidentes	No. de Mortos	No. de Feridos	Danos Materiais (US\$)
1986	83	6	20	11.166.262	142	29	104	11.078.800
1987	70	0	15	4.720.466	164	11	115	11.786.125
1988	89	2	11	9.316.078	201	23	114	12.131.436
1989	103	22	28	20.374.543	177	20	91	8.675.816
1990	89	0	17	11.302.316	109	6	52	7.594.040
1991	71	0	12	11.931.238	162	14	77	7.765.748
1992	74	3	15	24.578.165	103	7	65	6.777.500
1993	96	1	18	23.035.268	121	16	84	15.346.655
1994	81	0	22	45.170.293	141	21	91	53.260.166
1995	64	2	10	9.957.750	97	16	43	10.950.673
1996	77	1	5	13.078.474	110	47	109	16.252.842
1997	73	1	5	12.078.117	108	10	83	12.493.163
1998	96	1	10	29.540.436	132	16	62	17.810.464
Total 86-98	1.066	39	188	226.249.406	1.767	236	1.090	191.923.428
Média Anual	82,00	3,00	14,46	17.403.800	135,92	18,15	83,85	14.763.341

FONTE: Department of Transportation, Office of Pipeline Safety – www.ops.dot.gov

TABELA 6.6 - ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES COM GASODUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NOS ESTADOS UNIDOS POR CAUSA EM 1998

Causas	No. de Acidentes	% do Total	Danos Materiais (US)	% do Total	No. de Mortos	No. de Feridos
Corrosão Interna	0	-	-	-	0	0
Corrosão Externa	5	3,79	473	2,66	1	2
Danos por Forças Externas	86	65,15	14.410.241	80,91	11	33
Erro de Construção ou Operação	5	3,79	1.005	0,56	1	4
Causado Acidentalmente pelo Operador	8	6,06	-	-	0	8
Outras Causas	28	21,21	2.826.723	15,87	3	15
TOTAL	132	100,00	17.810.464	100,00	16	62

FONTE: Department Of Transportation, Office of Pipeline Safety – www.ops.dot.gov

Os ambientalistas de Campo Largo chegaram a desenvolver e apresentar traçados alternativos para o gasoduto no trecho em questão, um deles coincidindo com a alternativa, também analisada pela COMPAGÁS, que contemplava o abastecimento da INCEPA pelo norte e da LORENZETTI diretamente pelo sul, a partir da PR-423, alertando que, para qualquer destas alternativas, deveriam ser tomadas providências relativas à segurança e informação adequada da população residente ao longo do traçado e também das escolas, indústrias e do comércio existente. Os traçados alternativos eliminavam o trecho do gasoduto de distribuição de cerca de 2,5 km pelo centro da cidade de Campo Largo, evitando os riscos desnecessários à população nessa área densamente povoada, e o substituíam por outros com

aproximadamente a mesma distância de 2,5 km desde a PR423 até a LORENZETTI. Essas alternativas cruzavam áreas de expansão urbana de baixa densidade ainda não consolidada e a zona industrial já designada pelo Plano Diretor Municipal de 1978, que poderiam ser adaptadas às necessidades e riscos do gasoduto, estimulando o desenvolvimento industrial em espaço adequado. Os custos adicionais, se é que existiriam, seriam desprezíveis comparados ao volume total da obra de cerca de 53 km e R\$14 milhões.⁷⁷

O gasoduto foi finalmente implantado seguindo a racionalidade da menor distância entre dois pontos, por entre a área residencial central da cidade, colégios, hospitais, postos de gasolina, etc. A forma como foram conduzidos os debates e os procedimentos de solução do conflito não são pertinentes a esta tese; basta aqui registrar que os argumentos dos ambientalistas acabaram sendo vencidos pelos da COMPAGÁS. Esta, aliada aos maiores consumidores industriais, alardeava a criação de empregos, a salvação da indústria cerâmica decadente e a modernização e melhor qualidade de vida para a cidade de 90.000 habitantes, com riscos negligíveis em face da avançada tecnologia de detecção e de proteção contra vazamentos empregada.

Surpreendentemente, o primeiro vazamento publicamente divulgado ocorreu na manhã do dia 14 de março de 2000, menos de um ano depois da audiência pública, justamente numa das válvulas de redução de pressão. Curiosamente, foi detectado não pelos equipamentos de alta tecnologia instalados para prevenir vazamentos, mas pelo nariz de um morador das proximidades do gasoduto. O evento foi noticiado somente três dias depois por um jornal local de pequena tiragem, mesmo assim numa das últimas páginas.⁷⁸

⁷⁷ BRASIL ENERGIA. Gás de refinaria prepara o mercado no Paraná. no. 218 janeiro 99, p. 40.

⁷⁸ JORNAL FOLHA DE CAMPO LARGO. Vazamento de gás canalizado. 17/março/2000, p.18.

6.7 AS REDES NA RMC – ANÁLISE DOS GRAFOS

6.7.1 Sistema de Recursos Hídricos

Os três sistemas de recursos naturais aqui analisados, água, eletricidade e gás, possuem expressão na RMC mas estão organizados em escalas diferentes. Os sistemas de água, por suas características físicas e importância crítica para o sustento de uma comunidade, possuem uma relação mais estreita com a escala local. Embora seja possível transportar água a grandes distâncias, não se pode transportar uma bacia hidrográfica ou um aquífero subterrâneo, que na realidade são as unidades geográficas fundamentais no que se refere à gestão da qualidade da água neles captada.

A rede de água do sistema SANEPAR é a única estrutura que se situa totalmente inclusa no espaço metropolitano oficial. A sua história está intimamente ligada ao processo de metropolização de Curitiba. Como pode ser observado na tabela abaixo, o sistema SANEPAR, apesar de organizado no nível estadual, é composto basicamente por sistemas isolados, onde fontes de água se conectam a centros de consumo urbanos diretamente, através de sistemas independentes um do outro. Os sistemas mistos (Piraquara, Colombo e Alm. Tamandaré) e o sistema de abastecimento integrado de Curitiba representam os sistemas de maior complexidade, porém ainda assim não ultrapassam a escala abrangida por diversos municípios.

Como pode ser observado no Quadro 6.4 e nos grafos do sistema de recursos hídricos da RMC, nas figuras a seguir, não há integração do sistema no nível da RMC até esta data; no entanto, na medida em que o sistema se expande, é possível a inclusão de recursos da bacia do Açungui e mesmo a interligação com o sistemas da COPEL no reservatório da usina Capivari-Cachoeira, o que significaria uma expansão do sistema dentro de limites metropolitanos.

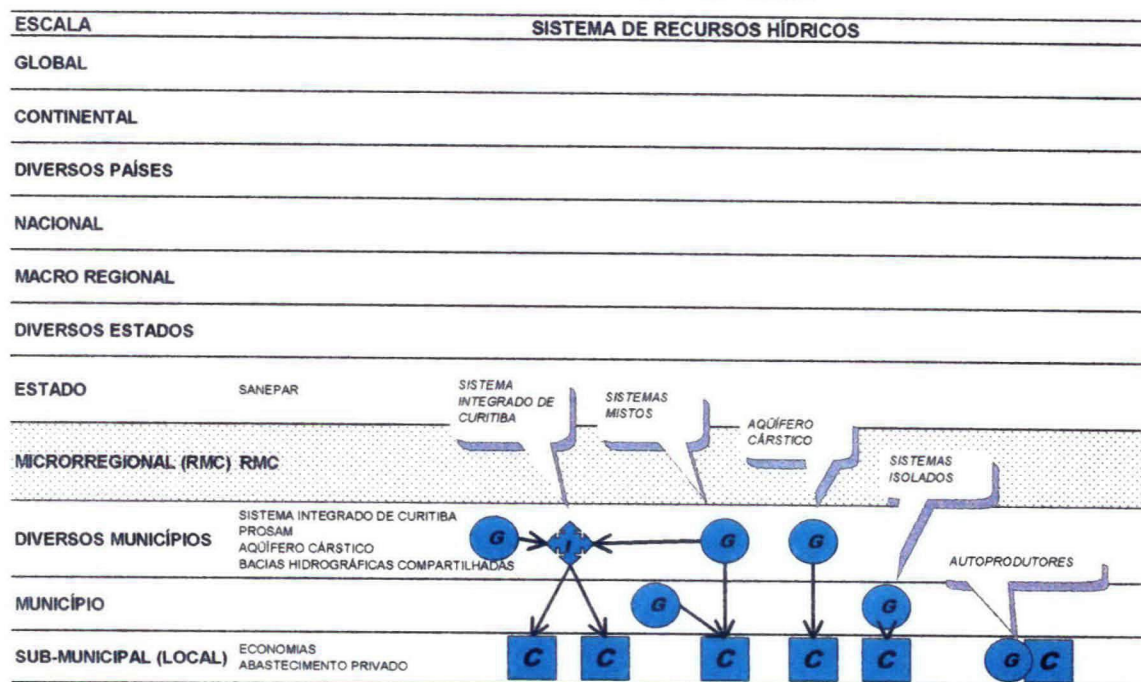
Há um número significativo de grandes consumidores que se abastecem de sistemas próprios, principalmente grandes indústrias fora de Curitiba. Dentre elas, a PETROBRAS é uma das mais importantes, uma vez que a barragem do rio Verde, afluente do Iguaçu a oeste de Curitiba, drena áreas dos municípios de Almirante Tamandaré, Campo Magro, Campo Largo e Araucária para abastecimento exclusivo da refinaria, em Araucária. A adução é feita através de um aqueduto ao longo da rodovia PR 423 numa extensão em torno de 25 km.

QUADRO 6.4 - SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMC - 1992

Tipo de Sistema	SISTEMA	Capacidade Nominal (l/s)	Manancial	No. de Economias	Região Abastecida
INTEGRADOS	Iguaçu	3.000,00	Rio Iguaçu	324.315	Curitiba, Araucária, Colombo, Alm.
	Passaúna	500,00	Rio Passaúna	43.380	Tamandaré (parte), Pinhais, SJ Pinhais
	Tarumã	800,00	Rio Iraí	29.000	CIC, Araucária (sede), Campo Comprido
					Pinhais e Leste de Curitiba
ISOLADOS	Mandirituba	5,00	Córr. Curral da Eguas	713	Mandirituba (91% da população)
	Fazenda Rio Grande	10,50	Córr. Faz Iguaçu	350	Fazenda Rio Grande (30% da população)
	Contenda	11,19	poços	1.045	Contenda (84% da população)
	Campo Largo (sede)	98,00	Rio Itaquí e poços	9.344	Campo Largo (65% da população da sede)
	Reboças, Ferraria e D. Fina	5,17	poços profundos	927	Campo Largo Oeste
	Jardim Guarani	3,25	poço profundo	357	Campo Largo Oeste
	Balsa Nova	12,74	tanque e poço	495	Balsa Nova (90% da população)
	Bocaiúva do Sul	7,78	poço profundo	548	Bocaiúva do Sul (85% da população)
	Quatro Barras	#N/D	Rio Capitanduva	2.000	Quatro Barras
	Campina Grande do Sul	#N/D	poços profundos	400	Campina Grande do Sul
	Rio Branco do Sul	#N/D	poços profundos	#N/D	Rio Branco do Sul (municipal)
					Piraquara, Quatro Barras, Campina G. do Sul e Colombo
MISTOS	Piraquara	#N/D	Serra do Mar	5.350	
	Colombo	60,00	Rio Capivari	8.020	Colombo (no. estimado) e Campina G. do Sul
	Almirante Tamandaré	#N/D	poços	7.500	Almirante Tamandaré

FONTE: SANEPAR, 1992

FIGURA 6.14 - GRAFO DO SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS



NOTA: C= consumidores; G= geração; I= interligação ou integração

Por sua composição fortemente hidrelétrica, associada ao potencial energético das bacias hidrográficas do Paraná, principalmente do rio Iguaçu, as redes do sistema elétrico apresentam uma forte relação com a escala das grandes bacias do rio Paraná (Itaipu), Paranapanema (CESP) e do rio Iguaçu (COPEL e ELETROSUL).

A Rede Básica estabelecida no Paraná reflete a superposição de diversos subsistemas do setor elétrico nacional. A Figura 6.17 mostra o “linhão” de Itaipu, operado por FURNAS e que cruza o Paraná transportando energia para a região sudeste. Podem também ser observadas as linhas da ELETROSUL e da COPEL, e o anel formado por elas que unem os pontos de maior consumo no estado, bem como outros anéis (ou ciclos) que permitem que a energia possa ser transmitida por diversos caminhos entre os centros de geração e os de consumo, aumentando a confiabilidade dos sistema pela introdução de uma maior complexidade estrutural.

A Figura 6.18, na página seguinte, mostra o grafo do sistema elétrico de subtransmissão (13,8 kV) na RMC. Pode-se notar que a rede de menor escala não apresenta ciclos, indicando que, a partir de determinada escala para baixo, mais próxima dos centros de consumo, as redes decrescem no grau de complexidade estrutural. Isso decorre do fato das fontes de geração de eletricidade no estado compreenderem um número relativamente reduzido de unidades centralizadas, a maior parte delas distantes dos centros de consumo, e da produção de energia na escala do consumo ser praticamente inexistente, com exceção de alguns autoprodutores que representam pouco mais de 4% de toda a potência instalada no Paraná.

A Figura 6.19 mostra a separação espacial entre as principais fontes de geração de energia elétrica do estado e os pontos de consumo. Nela estão mostradas a divisão do Paraná nas microrregiões homogêneas com os gráficos de consumo de energia em cada região, bem como a composição do consumo regional nas classes residencial, industrial, comercial e rural. Estão também mostrados círculos correspondentes aos centros de geração de eletricidade no estado, localizados nas principais usinas hidrelétricas ao longo do Rio Iguaçu e na Serra do Mar, e em alguns pontos no interior. O tamanho dos círculos são proporcionais à geração e ao consumo de energia em cada usina e em cada microrregião, respectivamente, no ano de 1998.

FIGURA 6.17 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE ELETRICIDADE NO PARANÁ (REDE BÁSICA) 1998

FONTE: COPEL, 1999.

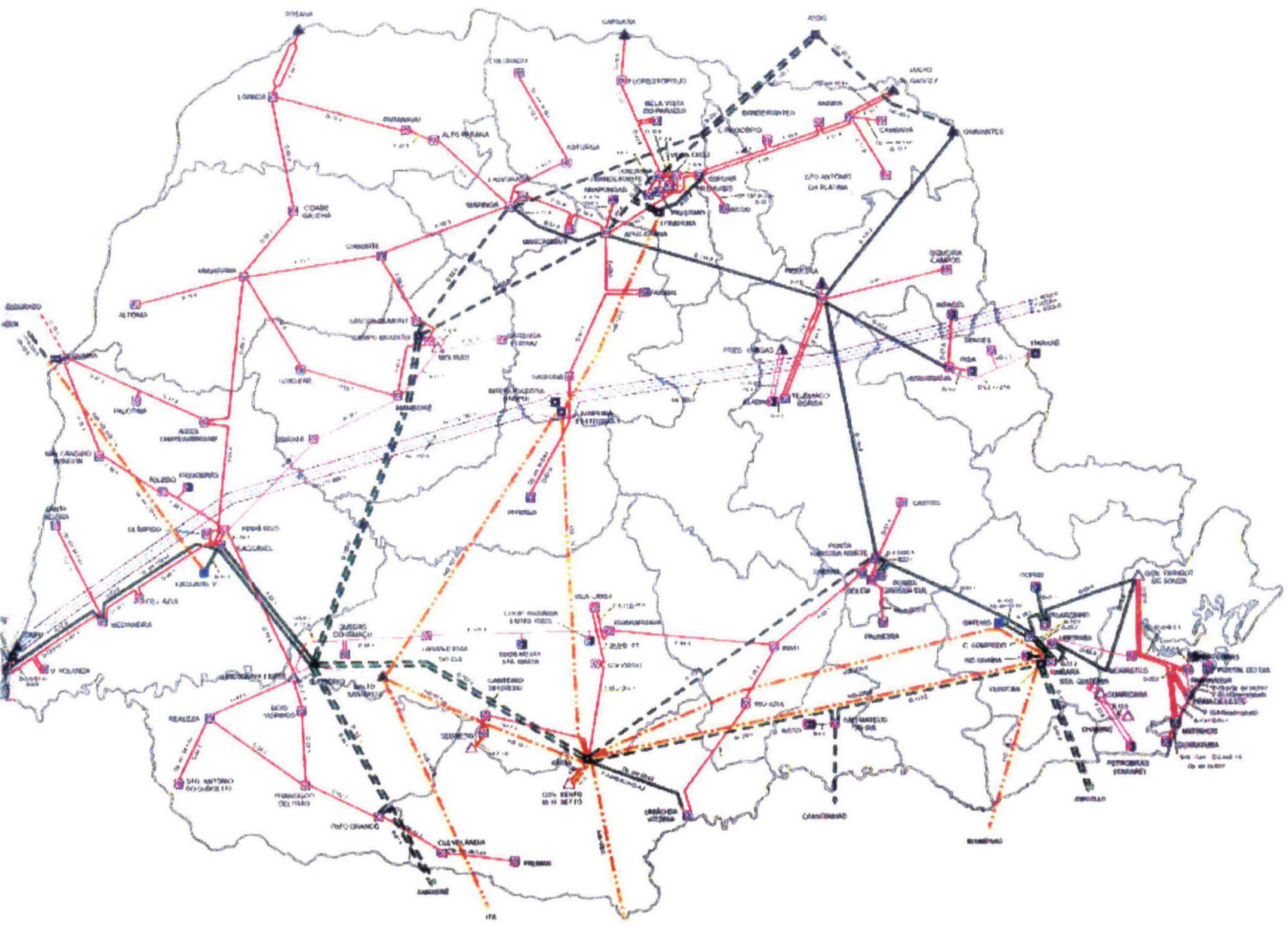


FIGURA 6.18 - GRAFO DA REDE DE SUBTRANSMISSÃO DA COPEL EM 13,8 kV - 1998
FONTE: COPEL, 1999.

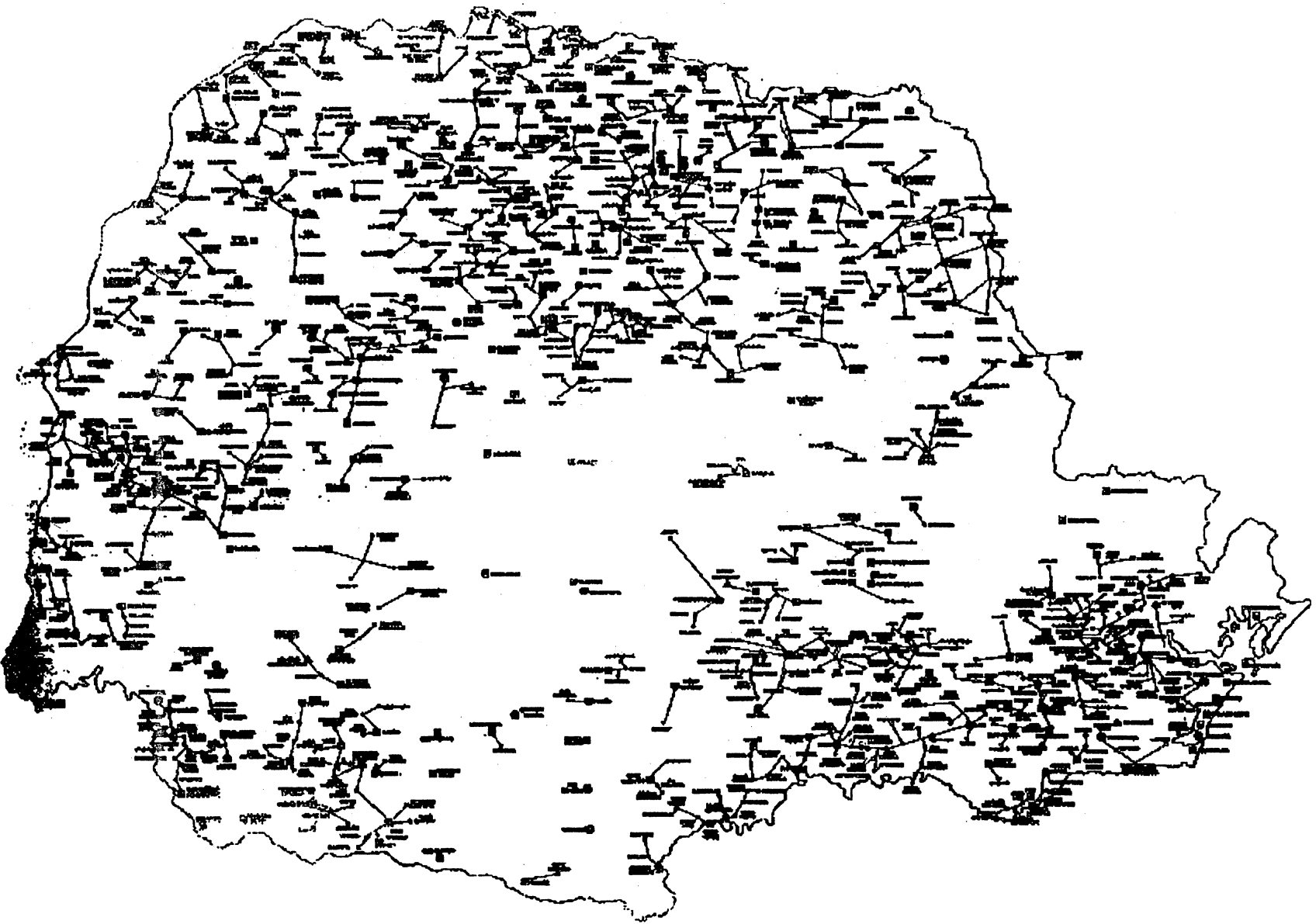
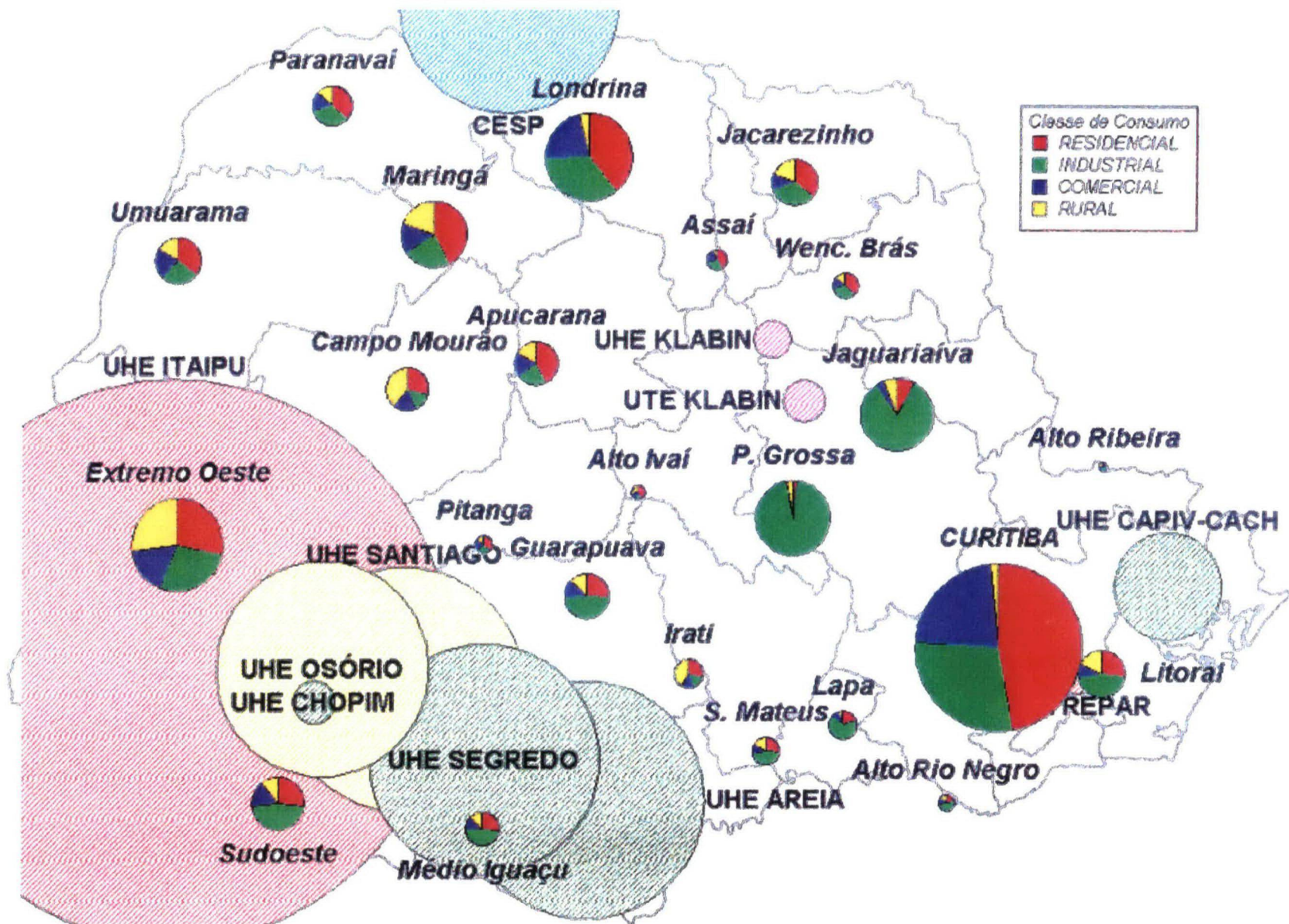


FIGURA 6.19 - COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO E GERAÇÃO REGIONAIS DE ENERGIA ELÉTRICA NAS MICRORREGIÕES HOMÔGENEAS DO PARANÁ - 1998
 FONTE: COPEL, 1999.

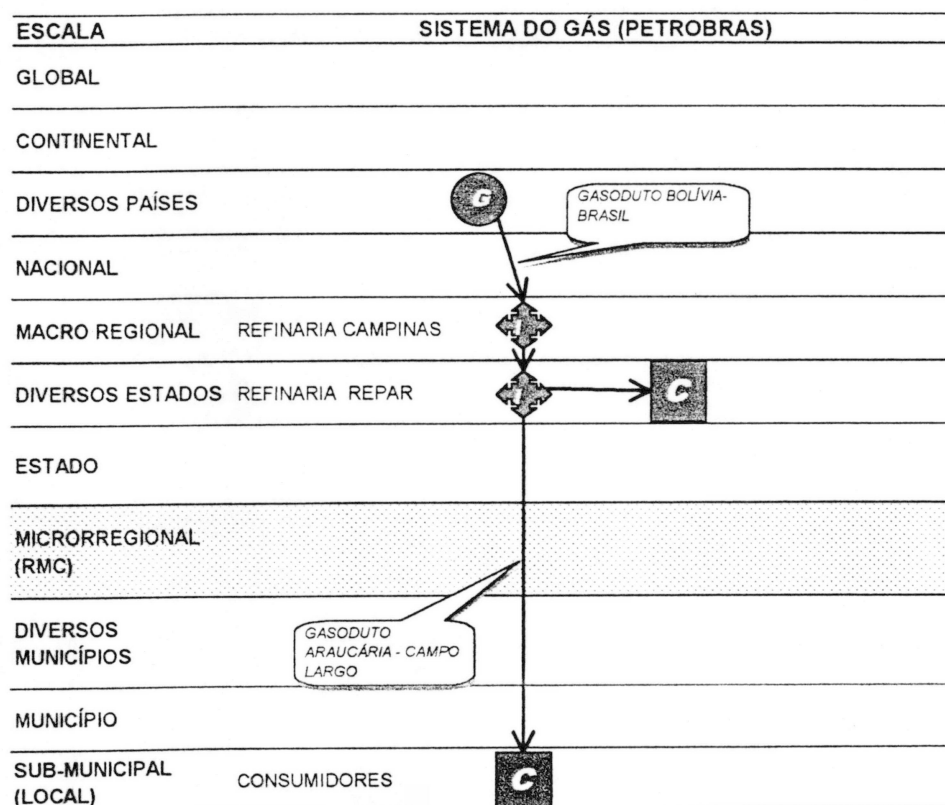


6.7.3 O Sistema do Gás

A rede dos recursos energéticos combustíveis, petróleo e gás, é uma rede em que a RMC é periférica, ou seja, a região nem produz os recursos básicos, apenas os transforma nas instalações da refinaria da PETROBRÁS em Araucária, e nem controla a política de utilização desses recursos.

Como pode ser observado a partir do grafo da rede do gás natural, mostrado na figura abaixo, o sistema do gás é, dentre os analisados, aquele que remete a níveis hierárquicos de organização mais distantes da RMC. Isto se reflete tanto na extensão das ligações da rede que se estendem por diferentes países e continentes como pelas diretrizes das políticas de utilização desses recursos, influenciadas que são por movimentos que ocorrem em escala global, como por exemplo os choques do petróleo ou as políticas ambientais orientadas pelo protocolo de Kioto (emissões de gases de efeito estufa).

FIGURA 6.20 - GRAFO DO SISTEMA DE GÁS



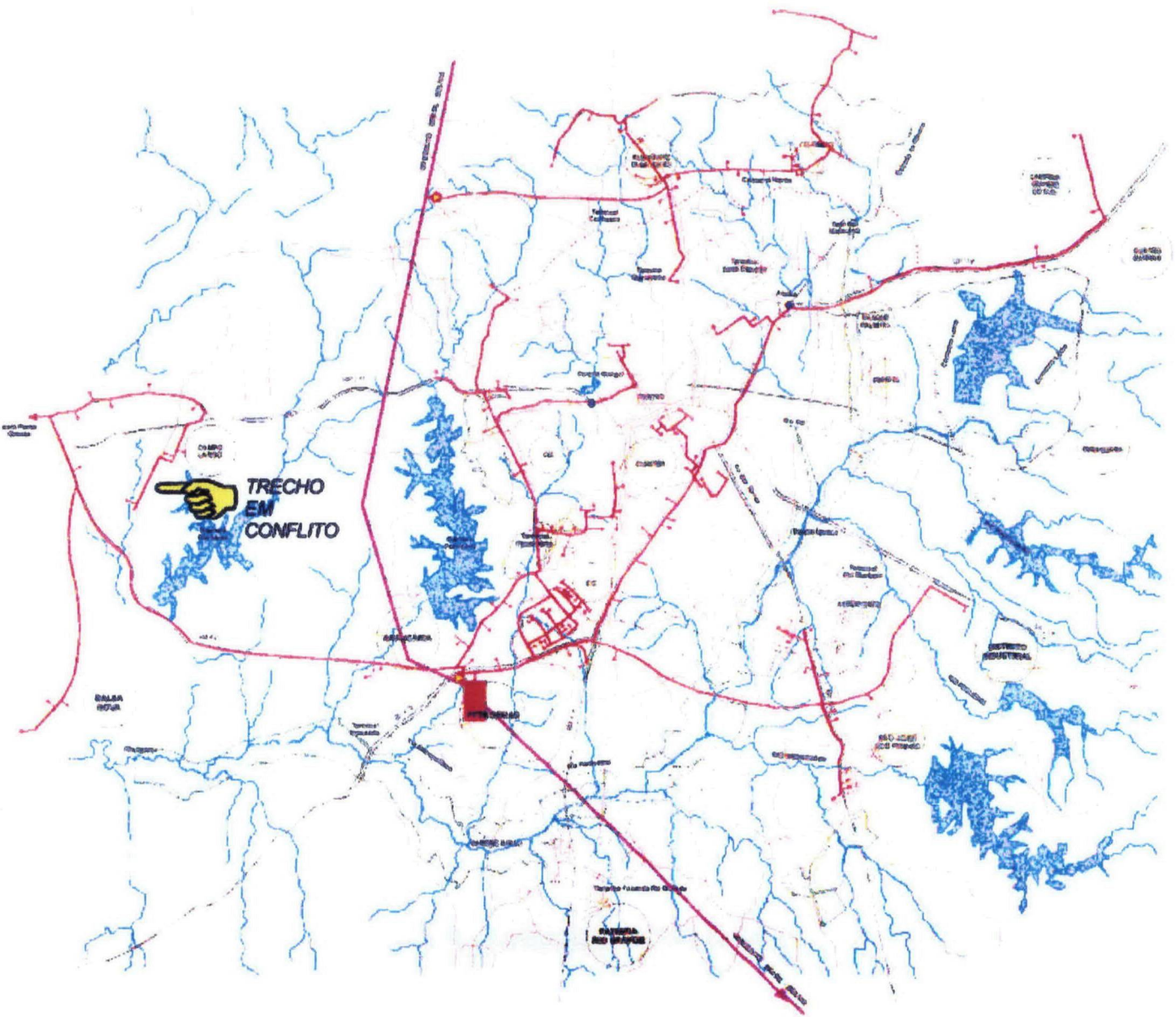
NOTA: C= consumidores; G= geração; I= interligação ou integração

Desta forma, as racionalidades que instituem o sistema e determinam o seu comportamento são as mais globais dentre os sistemas aqui analisados, o que faz com que a distância entre essas racionalidades globais e as locais seja a máxima, com implicações importantes.

Enquanto a rede de energia elétrica pode ser vista como uma rede multipolar que se caracteriza por uma estrutura complexa, repleta de anéis, ciclos e interligações, a rede do petróleo aparece com uma complexidade estrutural muito reduzida, desenhando grafos lineares e árvores econômicas, denotando também a mais alta centralidade dentre as analisadas.

Na Figura 6.21 a seguir é mostrado o grafo que corresponde ao mapa de localização da rede de distribuição de gás canalizado na RMC, conforme projeto da COMPAGÁS. Observa-se o desenvolvimento da árvore mínima e a ausência de ciclos em toda a sua extensão.

FIGURA 6.21 - GRAFO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS CANALIZADO NA RMC
 Fonte COMPAGÁS, 1998



7 ANÁLISE E CONCLUSÕES

7.1 O PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO

Entre a década de 60 até meados da década de 70 os sistemas de recursos naturais que abastecem a RMC passaram por mudanças estruturais importantes e que se destacam na sua evolução pelo ritmo de crescimento e pela centralização de suas estruturas em redes. Alguns desses sistemas passaram a ser organizados em escalas muito distantes da escala exclusivamente regional de Curitiba, mas que aqui também tiveram sua expressão. A hierarquia do sistema de recursos hídricos foi inicialmente centralizada no nível federal e posteriormente no estadual, e do sistema de recursos energéticos na escala nacional (eletricidade) e até internacional (petróleo e gás natural).

O processo de metropolização, quando abordado com a ótica dos fluxos de recursos naturais que o viabilizam, se revela mais complexo do que simplesmente o processo de crescimento das cidades, ou a concentração regional de fluxos. Enquanto que estes se manifestam como o aumento no número de indivíduos, de edificações e de fluxos em um espaço, o processo de metropolização designa também a centralidade de sistemas que promovem esses fluxos, permitindo a concentração de recursos provenientes de locais distantes e impondo uma ordem que implica relações centro-periferia no espaço. Tal centralização é feita, ao menos no caso dos fluxos de recursos naturais hídricos e energéticos, através da criação de sistemas políticos, administrativos e tecnológicos hierarquicamente estruturados, planejados e operados com essa função, e que se materializam no espaço geográfico como redes – as redes de infra-estrutura.

A centralidade da metrópole faz surgir relações de dependência na periferia, causadas pela atração resultante da dinâmica econômica propiciada pela sinergia entre um número relativamente grande de atividades concentradas, que não pode ser reproduzida na periferia. Mas, vista pela teoria do espaço de fluxos, essa relação de dependência é dialética, onde o pólo oposto são as relações de dependência da metrópole para com os recursos naturais dessa periferia, essenciais para o seu crescimento. Tais relações dialéticas são tornadas assimétricas por arranjos tecnológicos e político-administrativos, o que acaba por se traduzir em regiões localmente super-desenvolvidas (as metrópoles) e regiões sub-desenvolvidas (as periferias).

Na dimensão político-administrativa, os arranjos estruturais centralizadores relacionados com o processo de metropolização da RMC dizem respeito ao monopólio da produção e de distribuição de derivados de petróleo (PETROBRAS), na operação do sistema elétrico nacional (COPEL/ELETROBRÁS) e no monopólio de distribuição e de operação do sistema integrado de abastecimento de água (SANEPAR) que caracterizaram os sistemas tecnológicos no período considerado, e que ainda os caracterizam em larga escala. Os arranjos políticos e administrativos também fizeram surgir dispositivos sobre o controle do espaço, representados pelas legislações de zoneamento e códigos do uso dos recursos naturais e ocupação humana do solo nas cidades, bem como dispositivos de controle sobre o tempo, representados pelo sistema de tarifas de eletricidade, com distinções de valores entre períodos do ano, da semana e do dia.

Já arranjos tecnológicos se expressam em sistemas centralizados e integrados em diversas escalas, que lançam estruturas em rede, e que manifestam essas centralidades no padrão estrutural das redes que criam. Na dimensão física os arranjos estruturais se manifestaram na centralidade das redes de infra-estrutura em alguns vértices-chave, pelo lado da produção e do consumo de recursos naturais. No tocante aos vértices de produção, as centralidades se deram na refinaria da PETROBRÁS em Araucária, nas grandes usinas hidrelétricas do rio Iguaçu e de Itaipu, e nas principais barragens de captação de água da SANEPAR – Piraquara, Passaúna e, mais recentemente, Iraí. Pelo lado do consumo, as centralizações das redes se observam na concentração do setor industrial em Curitiba (CIC) e mais especificamente em algumas grandes indústrias, que também se instalam na RMC também nesse mesmo período.

7.2 O ESPAÇO DE FLUXOS: UMA ABORDAGEM REVELADORA

O processo de metropolização ocorrido no Brasil a partir da década de 60 só parcialmente se revela sob a ótica do espaço urbano. No que se refere aos sistemas tecnológicos de recursos naturais construídos para permitir os processos de metropolização associados à industrialização, como no caso de Curitiba, eles não estão restritos a uma única região geográfica, mas surgem de fenômenos que ocorrem em muitos locais e escalas, simultaneamente. Pode-se, certamente, identificar regiões onde essas as redes de infra-estrutura se concentram e se superpõem, indicando grandezas maiores de fluxo bem como de maior interação entre eles. Pode-se também, dentro do mesmo raciocínio, identificar

locais de onde partem e para aonde os fluxos se dirigem com maior centralidade de que outros. Mas a dinâmica global desse processo, e as suas inter-relações, dificilmente pode ser descoberta ou tornada evidente apenas com o olhar focado sobre os espaços geográficos convencionais.

A racionalidade do espaço urbano, expressa em teorias como a das Localidades Centrais ou a hierarquia regional entre cidades, perde a sua força e capacidade de explicação no novo contexto de metropolização, dando lugar a concepções sistêmicas onde o arranjo de elementos no espaço urbano não é mais o fator determinante, mas sim o arranjo no espaço de fluxos, como colocado por Rochefort:

Por muito tempo se alimentou a idéia de que a função metropolitana se exercia no centro dos negócios tradicional ou ampliado. Os elementos atuais dessa função parecem tender para certa redistribuição no espaço urbano e para a formação de vários pólos, muitos fixados nas encruzilhadas maiores das comunicações. Passa-se então a orientar-se para uma metrópole multipolar, o que implica uma nova política dos transportes urbanos e das intervenções sobre as condições de utilização dos terrenos a construir. Os novos pólos constituem os pontos fortes do encontro dos fluxos ...¹

As redes acompanharam também o movimento de metropolização, refletindo as diversas escalas desse processo ao conectar diversas metrópoles num só movimento, e ao promover polarizações na região metropolizada. Ao mesmo tempo, o processo de crescimento e de centralização desses sistemas e redes, visto pelo espaço de fluxos, torna evidente o surgimento de um novo tipo de metropolização, característico de um movimento contemporâneo de capitalismo, não mais identificado exclusivamente com algum local ou a algumas cidades, mas que se exprime em torno de sistemas globalizados estruturados em redes, que abrangem grandes regiões não necessariamente contíguas no espaço geográfico.

Assim, vimos que para compreender a interação do processo local de desenvolvimento da RMC com respeito ao sistema de energia elétrica, temos que analisar este sistema a partir da rede nacional e de seu papel no movimento de integração hidrelétrica entre as grandes bacias hidrográficas nacionais, com suas características hidrológicas regionais diferenciadas, que levam a determinados arranjos estruturais e não a outros. A interação entre o processo de metropolização de Curitiba e o sistema do petróleo ou do gás natural, recente integrante da matriz energética do sul do país, deve ser contemplada numa escala espacial e temporal ainda maior, aquela que abrange as relações históricas entre diversos países do mesmo continente, no caso a Bolívia e o Brasil, ou até em

¹ ROCHEFORT, M. Redes e sistemas – ensinando sobre o urbano e a região. HUCITEC, São Paulo, 1998, p. 157.

continentes diferentes, como no caso do petróleo que vem do oriente médio.

A simplificação newtoniana da substituição da rede de relações pela sua resultante, ou apenas pela maior delas (aquela de maior fluxo) não só impede a visão sobre a complexidade inerente desses novos sistemas, como também pode induzir a erros de análise uma vez que, dado o alto grau de interligação e a não linearidade dos processos em rede, mesmo fluxos muito pequenos ou conexões aparentemente sem importância podem ser fatores determinantes de processos muito maiores e mais abrangentes. Da mesma forma, a redução da complexidade em suas componentes principais leva a esconder ou disfarçar a realidade dos processos que ocorrem em cada local. Por exemplo, embora a região de Foz do Iguaçu possa ser identificada como dentro da área de influência da capital do Paraná, em função do fluxo de pessoas e serviços,² somente essa rede de relações não dá conta da enorme importância estratégica que a região tem no espaço de fluxos de energia elétrica para todo o sudeste e centro-oeste brasileiros, bem como para o Paraguai. Sob a ótica do espaço de fluxos, as redes do sistema FURNAS promovem uma regionalização tal que a usina de Itaipu e todo o seu imenso reservatório, localizados em território paranaense e paraguaio, passam a fazer parte da mesma "região metropolizada" que inclui as cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo.

7.3 O PODER DAS REDES

7.3.1 O Papel das Redes no Processo de Metropolização

O processo de metropolização da Região Metropolitana de Curitiba a partir da década de 70, pode ser observado a partir de dois movimentos distintos, porém interrelacionados: um movimento de crescimento da cidade e do fluxo de recursos naturais, e um movimento de concentração regional desses fluxos, associado a sistemas tecnológicos e a estruturas em rede. Este trabalho, partindo da distinção conceitual e funcional entre centralização e concentração, revela que aqueles movimentos não são concomitantes, mas seqüenciais no tempo, e que no tocante ao processo de metropolização há uma relação causal entre eles: a concentração surge como consequência de uma centralização anterior, representada por uma deformação intencional no espaço de fluxos de recursos naturais, causada pelo surgimento das redes de infra-estrutura.

² IBGE. Região de influência das cidades. Rio de Janeiro, 1996, 1 disquete 3½.

As metrópoles só conseguem expandir as suas redes de infra-estrutura por acumulação de poder político e econômico. O emprego de novas tecnologias leva a novas organizações sociais de produção, que se refletem na mudança das relações de produção dentro da região. Por sua vez, os novos arranjos estruturais (entendidos aqui como novos padrões de conexão entre os elementos dos sistemas de fluxo) permitem a ruptura de limites ao crescimento, levando a um aumento no fluxo de recursos nesses sistemas. Esses novos arranjos estruturais se manifestam na forma de novos padrões de centralização das redes e, conseqüentemente, a novos padrões de concentração de recursos, de forma a maximizar as potencialidades de aumento de fluxos possibilitados pelas novas tecnologias.

Certamente a revolução de 64 foi um momento de ruptura importante em muitas dimensões, que reordenou centralidades e viabilizou rearranjos nos sistemas produtivos nacionais. Os avanços tecnológicos que convergiram para a viabilização de novos padrões de geração e de consumo de recursos naturais estiveram presentes, de forma exemplar e notável, no setor elétrico nacional. Tais avanços, originados na área de sistemas de controle automatizados, permitiram unidades maiores de geração e sistemas de transmissão de maior capacidade que cruzaram o país. Ao mesmo tempo, novos avanços também surgiram na organização do trabalho e no controle e gerenciamento de projetos de engenharia de grande porte, que passaram a caracterizar as obras do setor elétrico. Esses avanços derivavam das aplicações da cibernética, tanto no que diz respeito aos sistemas técnicos como na organização administrativa. Nesta última, a "visão sistêmica", a coordenação centralizada e a organização hierárquica funcional que se refletiu inclusive nas regionalizações do setor, foram as contrapartidas de reestruturação social que permitiram a ruptura da escala do sistema.

À centralização das estruturas político-administrativas e técnicas dos sistemas de recursos naturais a partir da década de 60, seguiu-se uma concentração dos fluxos que privilegiou alguns circuitos dessas redes, localizados principalmente nas regiões metropolitanas em processo de intensa industrialização e urbanização, em detrimento e mesmo eliminação de outros. Assim, por exemplo, os reservatórios das grandes usinas hidrelétricas não contemplaram de forma destacada outras finalidades além de geração de energia (navegação no rio Iguaçu e abastecimento d'água em Capivari-Cachoeira), ocorrem a descontinuidade da eletrificação da rede ferroviária do estado (incipiente na Serra do Mar desde 1961), o descompasso da rede de esgotos, o atraso da disponibilização do gás de refinaria para o polo cerâmico de Campo Largo, a paralisação da duplicação da ferrovia Curitiba-Paranaguá, e o abandono de políticas de desenvolvimento tecnológico e de incentivo

à utilização de insumos energéticos renováveis de maior abrangência social, como por exemplo a lenha ou o aquecimento solar doméstico, ao invés do chuveiro elétrico.

7.3.2 Análise Estrutural

Por suas características estruturais peculiares, as redes não só transportam recursos fundamentais para o crescimento, mas refletem os princípios construtivos dos sistemas de controle sobre esses recursos e se manifestam no seu padrão de crescimento, podendo assumir proeminentemente um dos seguintes tipos:

- a) crescimento que privilegia a maximização do controle – se dá por extensão da árvore mínima, de forma a minimizar os custos de expansão. Esse tipo de estrutura está associado a sistemas hierarquizados e centralizadores, geradores de dependência. Na medida em que crescem em escala passam a apresentar níveis hierárquicos superiores, ou “globais”;
- b) crescimento que privilegia a maximização da complexidade do sistema – se dá pela diversificação e de multi-polarização das redes de forma a maximizar os fluxos, tendendo, no limite, a “grafos completos” (aqueles em que todos os pontos se conectam com todos os outros). Esse tipo de estrutura implica maior número de centros que o anterior e maior indiferenciação de fluxos, implicando sistemas descentralizados, distribuídos.

O que se observa empiricamente é um compromisso entre essas duas situações que refletem a ideologia institucional dominante em cada sistema e em cada período. Analisando os três sistemas de recursos naturais aqui contemplados (água, eletricidade e gás), vemos que possuem padrões estruturais diferentes, que se manifestam em distintas escalas de centralização:

- a) o sistema de recursos hídricos é caracterizado por redes de pequenas escalas que se centralizam, no máximo, no nível do sistema integrado de abastecimento de água de Curitiba. Apresentam um número relativamente grande (em relação aos outros dois sistemas) de centralidades no nível local, que são os sistemas isolados da maior parte dos municípios metropolitanos, sendo alguns independentes do sistema público

(alguns municípios, núcleos rurais e grandes indústrias). O sistema integrado de Curitiba é o de maior complexidade e volume de fluxo, mas mesmo assim dista pouco de uma conexão quase direta entre fonte e consumo;

- b) já o sistema elétrico tem sua geração centralizada em grandes usinas no nível estadual, mas as redes estão interligadas no nível nacional. A “Rede Básica” apresenta anéis e fluxos bidirecionais, uma complexidade que o diferencia dos outros dois sistemas analisados. Em escalas menores, no nível da sub-distribuição regional ou da distribuição, mais próximas do consumo, a complexidade da rede cai e não se apresentam anéis de forma significativa, passando a se caracterizar por grafos em “florestas” e “arborescências”, com centralidades bem definidas;
- c) o sistema que apresenta uma linearidade notável, bem como a maior distância entre a centralidade de suas redes e o consumo dos recursos é, sem dúvida, o sistema do petróleo e do gás. Os recursos partem de pontos específicos e cruzam imensas distâncias até as refinarias de onde são distribuídos, desenhando árvores mínimas continentais. No caso do gasoduto de Campo Largo, os técnicos da COMPAGÁS chegam a identificar a forma de sua rede pelo apelido de “rede jabuticaba”, em virtude da semelhança do grafo com a árvore frutífera, que produz seus frutos ao longo do tronco. Mesmo a descoberta de importantes reservas de petróleo e gás no litoral paranaense não alteraram, até o momento, a centralidade dessas redes, sendo que só a partir de 1999 é que se começa a cogitar o acesso aberto aos oleodutos, polidutos e terminais de carregamento da PETROBRAS.³ Também é onde se observam as maiores incompatibilidades entre as racionalidades globais do sistema e as racionalidades regionais e locais, representadas por grandes riscos ambientais.

Vê-se, então, que com exceção da “Rede Básica” de transmissão de energia do setor elétrico, as redes de infra-estrutura apresentam, em geral, alguns vértices com mais centralidade de que outros, ou seja, seus grafos tendem a arborescências. Esses sistemas foram criados com uma baixa variedade, indicando portanto que, no período considerado, as redes de infra-estrutura caracterizaram-se por sua baixa complexidade estrutural. Isso obviamente nada tem a ver com os milhares de complicados equipamentos e procedimentos técnicos e administrativos que a operação dessas redes implica, mas sim com o arranjo

³ BRASIL ENERGIA. ANP prepara minuta para livre acesso a oleodutos. no. 221, abril/99

específico de um número relativamente pequeno de posições estrategicamente importantes dentro da estrutura, uma vez que os vértices da rede são pontos de controle.

Sistemas mais hierarquizados e centralizadores, onde o controle sobre as conexões é um fator privilegiado, como o sistema nacional do petróleo e do gás estabelecido como um monopólio estatal desde a década de 50, tendem a apresentar configurações de grafos econômicos e de redes mínimas com poucos vértices. Sistemas mais liberais tendem a apresentar grafos com um maior número de vértices e escalas menores, como o sistema de abastecimento de água da RMC. Sistemas complexos, onde a maximização do fluxo é mais importante do que o controle sobre eles, apresentam ciclos e de conexões entre seus elementos e a coordenação e controle é realizada através de regras de operação bastante elaboradas e complexas. O novo modelo do setor elétrico é um exemplo de transição entre a estrutura monopolista e altamente hierarquizada criada na década de 70 e uma estrutura mais conectada e liberal, a partir de meados da década de 90. Voltaremos a ele mais adiante.

7.4 RACIONALIDADES GLOBAIS E IRRACIONALIDADES LOCAIS

A centralização das redes e a concentração trazida com ela foram orientadas por racionalidades ditadas pela escala de centralização de cada um dos sistemas que controlavam essas redes. Na medida em que esses sistemas cresceram e a sua escala se afastou progressivamente da escala local de onde partiam os fluxos de recursos naturais transportados e distribuídos pelas redes, o que se observou foi o surgimento de contradições na relação desses sistemas com as racionalidades das sociedades e dos grupos, na escala local. Essas contradições foram aqui chamadas de "irrationalidades locais" e se materializam como riscos ambientais e subdesenvolvimento econômico localizados na região metropolitana.

O caso do gasoduto de Campo Largo demonstra isso numa escala doméstica: embora o risco de explosão e vazamento de um gasoduto seja menor do que o de uma pessoa se queimar em um fogão a lenha diariamente, o potencial de destruição de um gasoduto é muitas vezes maior e afeta muito mais pessoas do que o de uma queimadura individual. Vale o mesmo raciocínio quando comparamos, ao invés da lenha, botijões de gás ou acidentes com eletricidade. Impactos ambientais não são irrationalidades, mas a aversão ao risco de acidentes ambientais é uma racionalidade ambientalista. A racionalidade dos

movimentos ambientalistas da cidade de Campo Largo era “o gás é bom mas dutos vazam” – o gás, em si, não era o problema, mas sim a localização da rede.

Outra “irracionalidade” importante vem do fato de que as racionalidades globais, associadas a novas tecnologias, têm a tendência de eliminar alternativas tecnológicas na medida em que a escala dos sistemas cresce. O distanciamento entre a metrópole e os seus próprios recursos naturais resulta numa dependência cada vez maior em sistemas cada vez mais complexos cujas estruturas são cada vez mais hierarquizadas, ao passo que a possibilidade de utilização daqueles recursos dentro de outras racionalidades, mais locais, é constrangido, ou mesmo eliminado.

Como exemplo pode ser citado o sistema elétrico nacional que se desenvolveu desde meados da década de 60 até os anos 80 como um sistema técnico e econômico extremamente centralizado, baseado numa rede de grandes usinas hidrelétricas e linhas de transmissão operando de forma interligada em escala nacional. A racionalidade da maximização da utilização do potencial hidráulico das diversas bacias hidrográficas foi informada pelo atendimento ao mercado interligado, o que implicou a centralização desses recursos nas regiões mais industrializadas do país. Outros usos para os rios e os reservatórios criados, que poderiam atender ao desenvolvimento local ou regional foram negligenciados.

7.5 A NOVA RUPTURA

Enquanto as redes foram estabelecidas por sistemas tecnológicos centralizados, característicos dessa segunda metade do século XX, a redução da sua variedade potencial permitiu o controle do crescimento dos fluxos e as centralidades coincidiram com “metrópoles”. Mas ao mesmo tempo em que a redução da variedade foi útil ao crescimento, dentro de um determinado padrão tecnológico e social, ela também limitou a possibilidade de conexões dessas redes. Podemos dizer que a configuração de árvores econômicas foi favorecida em relação à configuração de grafos completos. A primeira, como vimos, é associada a poucas centralidades, a concentrações estáveis, à dependência e controle hierarquizados. A segunda implica maior complexidade, menor vulnerabilidade, maior flexibilidade em termos de concentrações e um controle distribuído.

Mas nessa virada de século a racionalidade das redes parece ter se apoderado do processo de metropolização. Para os sistemas em rede, não importa mais para onde se

dirigem os fluxos, desde que eles aumentem, o que significa que no espaço de fluxos o conceito de metrópole tende a não ser mais associado a um lugar, ou a uma cidade, mas a um conjunto específico de fluxos. O processo de metropolização, cada vez mais, passa a não se referir a “uma metrópole”, mas a diversas metrópoles integradas num mesmo movimento de metropolização global, que Milton Santos chama de “globalitarismo”. Mesmo assim, o processo de crescimento das redes continua obedecendo os mesmos padrões que os aqui observados, só que em uma outra dinâmica, ocupando o espaço de fluxos de forma inovadora: a integração entre sistemas sob a racionalidade das redes máximas e múltiplas.

Castells, ao identificar a região metropolitana de Hong Kong – Guandong, no sul da China, como uma nova forma espacial que não se parece com as megalópoles tradicionais da costa nordeste dos Estados Unidos e nem é composta da conurbação física de unidades urbanas/suburbanas, afirma que essa região está rapidamente se tornando uma “unidade econômica, funcional e socialmente interdependente”. Com 50 mil km² e uma população total entre 40 e 50 milhões de habitantes, essa área apresenta uma descontinuidade espacial considerável, com povoados rurais, terras cultiváveis e áreas subdesenvolvidas separando os centros urbanos e instalações industriais:

(...) As conexões internas da área e a indispensável conexão de todo o sistema com a economia global via múltiplos elos de comunicação são a verdadeira espinha dorsal desta nova unidade espacial. Os fluxos definem a forma e os processos espaciais. (...) Mas essa diversidade segmentada depende de uma unidade funcional marcada pelas infra-estruturas gigantescas com uso intensivo de tecnologia, que não parecem conhecer nenhum limite a não ser a quantidade de água doce que a região ainda consegue recuperar da área do East River.”⁴ (sublinhado meu)

Essa nova ruptura é viabilizada pelo salto tecnológico recente na área das telecomunicações, também derivado dos avanços da cibernética, e o novos arranjos sociais possibilitados pela comunicação digital em rede, principalmente a Internet. Podemos observar esse movimento no nosso meio a partir das estratégias de expansão adotadas em duas escalas do sistema nacional de energia no limiar do novo século. O sistema elétrico nacional, já integrado no nível nacional desde a conexão entre os sub-sistemas regionais desde 1999, adota uma estratégia de maximização da rede e a incorporação de novos fluxos sob o mesmo sistema. A interligação Norte-Sul vai permitir mais do que o intercâmbio de até 1.000 MW entre as regiões norte/nordeste e sul/sudeste/centroeste (nos dois sentidos). Simultaneamente, permitirá que a ELETROBRAS e suas subsidiárias ELETRONORTE e FURNAS, que construíram e possuem cada uma metade da linha, “finquem seus pés no

promissor mercado das telecomunicações". No "linhão" foram instalados cabos com 36 canais de fibras óticas, dos quais apenas um terço será utilizado pelas proprietárias e o restante permanece como importante moeda de troca no setor de transmissão de dados. O objetivo é traçar uma espinha dorsal no meio do país, que serviria para o transporte de dados, aproveitando no futuro toda a malha de transmissão que vai continuar sob controle da ELETROBRAS, inclusive "os apetitosos mercados dos sistemas Sul-Sudeste".⁵

No nível estadual, a COPEL, prestes a ser privatizada, em 1998 passa a integrar novos sistemas e promover novas conexões do seu sistema nos níveis estadual, nacional e internacional, com as seguintes ações:⁶

- a) formação de parceria estratégica com a SERCOMTEL, visando explorar o mercado de telecomunicações, diversificando, assim, fontes de receita;
- b) parceria com a SANEPAR, através de participação no capital da empresa, visando melhor aproveitar as estruturas de custos fixos;
- c) criação e participação na TRADENER, empresa encarregada de comercializar energia, proporcionando agilidade operacional à Companhia;
- d) interconexão energética com a Argentina, através de participação em consórcio, concretizando as diretrizes energéticas do MERCOSUL;
- e) início da comercialização de gás canalizado no Paraná, através da rede pioneira da COMPAGÁS, que já está atendendo a indústria PERÓXIDOS do Brasil;
- f) construção de usinas hidrelétricas em outros estados, com participação nas obras de Machadinho, Campos Novos e Dona Francisca, ampliando o mercado da Empresa para além das fronteiras do Estado.

7.6 HÁ LIMITES?

7.6.1 Dizendo Adeus a Malthus

Finalmente, podemos neste ponto tentar dar resposta à última questão proposta, tendo por base as teorias, métodos, dados empíricos e conclusões elaborados por este trabalho: Há limites ao processo de metropolização?

⁴ CASTELLS, M. A sociedade em rede. Xxx xxx p. 434.

⁵ TAUTZ C. integração contra déficit. Revista Brasil Energia no. 219, fevereiro 1999, p. 40.

A preocupação com limites e equilíbrio se reflete no clássico trabalho de Thomas Robert Malthus (1766-1834) e na sua obra "*Essay on the Principle of Population*", cuja primeira edição, em 1798, tornou-se rapidamente um *best-seller*. Partindo das observações de Benjamin Franklin sobre o crescimento populacional das colônias britânicas na América, que tendia a dobrar a cada 25 anos "graças a uma abundância de recursos", Malthus sustentou que

(...) o poder da população é infinitamente maior que o da Terra para produzir a subsistência do homem. A população, quando não controlada, aumenta na razão geométrica enquanto a subsistência aumenta apenas em razão aritmética. Segundo a lei da natureza que torna a comida necessária à vida do homem, os efeitos desses dois poderes desiguais devem manter-se iguais. Isto implica um controlo forte e constantemente activo da população, em virtude da dificuldade de subsistência. Essa dificuldade deve incidir algures e ser necessária e severamente sentida por uma larga porção da humanidade.⁷

O controle dos recursos naturais, no caso de Malthus a comida, impediria a tendência de multiplicação exponencial dos humanos, esta causada pela "paixão". Malthus se pôs a demonstrar que em todos os países e em todos os tempos esses controles existiam e seriam responsáveis por manter a população dentro dos limites da subsistência impostos pelos recursos disponíveis. Na primeira edição de seu trabalho Malthus enfatizou controles positivos que terminavam por aumentar o índice de mortalidades desses países, como a fome, a peste e a guerra. Mais tarde ele passa a propor controles preventivos da taxa de natalidade, e embora as políticas atuais de controle populacional sejam identificadas como ideologicamente neo-Malthusianas, Malthus (que era pastor da igreja Anglicana e oriundo da alta classe média inglesa) propôs somente restrições morais, como a prorrogação de casamentos prematuros para quando os noivos pudessem sustentar uma família.⁸

As idéias de Malthus tiveram uma repercussão muito grande, influenciando pessoas e teorias em todo o mundo, inclusive Charles Darwin e sua teoria da evolução biológica, e continua a influenciar o pensamento atual. Serviram como base para uma profunda revisão das leis inglesas referentes à pobreza, que passou a ser vista como um resultado da preguiça, e o desemprego como um estado que deveria ser tornado tão insuportável quanto possível.⁹ Embora Malthus fosse incapaz de prever a escala que os sistemas de produção industriais do Século XIX tomaram, que lograram suportar um aumento de população global

⁶ COPEL. *Balanco energético 1998*. Curitiba, 1999.

⁷ MALTHUS, T. R. *Ensaio sobre o princípio da população*. Europa-América, (texto integral em português) s/d. Portugal. (Ed. Original 1798) p. 26.

⁸ SAMUELSON, P. *Economics*. McGraw-Hill, New York, 1953 (4th. Ed.), p. 25.

⁹ Idem.

de menos de 1 bilhão de pessoas em 1800 a quase 6 bilhões hoje, as enormes diferenças entre os níveis de consumo de recursos naturais entre diversos países do mundo e a relação entre eles (consumo e base de recursos) ainda é um tema atual.

No entanto, as previsões de Malthus sobre “controles positivos”, naturais, que tenderiam a um equilíbrio entre desenvolvimento e base de recursos, obviamente não se confirmaram. Podemos nos arriscar a dizer que nunca, na história registrada, não só o número de pessoas vivas sobre a face da terra foi tão grande, nem tão hegemônica foi uma racionalidade de exploração e de consumo de recursos naturais. Muitas pessoas e instituições, grupos organizados, empresas, acadêmicos e gente comum tem, de uma forma ou de outra, manifestado críticas às injustiças e desigualdades características desse sistema de desenvolvimento e exposto as suas falhas, dentre elas a falta de limite às “necessidades ilimitadas” da sociedade de consumo e o desajuste em relação aos “limites naturais”, a perspectiva de Malthus no seio da primeira revolução industrial, mas de raízes que se perdem na filosofia grega (“nada em excesso”) ou até antes disso.

7.6.2 O Limite das Irracionalidades

A “região metropolizada”, definida aqui como “a porção do espaço de fluxos polarizada pela existência de uma rede” (ver Capítulo 4) é o espaço da racionalidade e do planejamento, da intencionalidade, das redes e dos fluxos; ao mesmo tempo, é a área da irracionalidade, da carência em meio à abundância, dos desajustes e dos desequilíbrios. Na região metropolizada o local não redefine mais o global, o local desaparece, mergulha na irracionalidade, tornada comum, vulgar, corriqueira, cotidiana. É comum faltar água, ou não dispor de esgotos; não é tão chocante assim um derramamento de petróleo de 4 milhões de litros em duas horas. A instalação de usinas termelétricas em um Estado que exporta eletricidade e importa petróleo passa a ser justificável, num todo fragmentado onde a coerência é reformulada a todo instante.

Na região metropolizada a racionalidade técnica cria os novos espaços urbanos, as “tecnópoles”, não mais lugares como os que conhecemos hoje, mas conexões de fluxos. Seu crescimento é caracterizado pela extensão e multiplicação de redes, num novo movimento do processo de metropolização, que por sua vez surge da ruptura de escala que as novas tecnologias de comunicação global viabilizam. Como aqui demonstrado, o processo de metropolização tem continuidade enquanto as redes mantiverem seu ritmo de expansão,

conectando novos pontos, controlando novas áreas e concentrando cada vez mais recursos.

Nesse processo de crescimento em escala, a pesquisa desenvolvida não conseguiu definir limites ativos, ao menos não no sentido de "controles positivos" como previa Malthus, "freios" que pudessem promover desacelerações graduais, pois todo o sistema depende do crescimento para continuar existindo. E realmente o sistema só tem crescido, independentemente dos diferentes regimes políticos e econômicos, dos credos religiosos e das tiranias, guerras, genocídios, crises e catástrofes que assolaram a humanidade nesses últimos 300 anos. É verdade que algumas regiões do mundo se deram bem nessa história e apresentaram índices de qualidade de vida superiores a outras, mas o crescimento das assimetrias regionais de consumo de recursos também acompanhou o crescimento do sistema. A racionalidade da competitividade global, da eficiência produtiva e do "futuro programável", que informa o processo homogeneizador de desenvolvimento, produziu irracionalidades no local e no presente, como a miséria e a guerra em regiões ricas em recursos naturais e a violência urbana em cidades de altíssima renda per capita.

Portanto, dentro das relações técnicas entre o desenvolvimento das sociedades e a sua base de recursos naturais, o processo de metropolização não encontra limites. Como coloca Foladori:

(...) a espécie humana não pode ser considerada como um bloco no seu relacionamento com o meio ambiente. Não existe uma racionalidade neutra ou absoluta que diga se devem ou não serem explorados os recursos naturais não renováveis. [Aquilo] que para umas classes ou setores de classe pode resultar "racional" para outras será irracional. (...) Sustentamos que o problema da crise ambiental não deve ser colocado em termos de se a sociedade enfrenta limites físicos. Porque não há tal "sociedade humana" abstrata. O que existem são classes e grupos em aliança e oposição, que se relacionam entre si e com o seu entorno de maneira totalmente diferente. O problema não é só técnico, tampouco é prioritariamente técnico. O problema é social. Além das relações técnicas aparentes, existem relações sociais de produção que geram, segundo o tipo, tendências de utilização do meio, dos materiais e/ou da natureza em geral, de forma particular. Ali se enraizam as forças últimas que explicam o comportamento humano com seu ambiente.¹⁰

Se existe um limite, seria o das "irracionalidades", o ponto a partir no qual as próprias irracionalidades produzidas pelo processo de metropolização se avolumassem de tal forma a comprometer a capacidade do sistema em continuar crescendo. Porém, se tudo o que foi demonstrado neste trabalho estiver correto, tal sentido de limite, não estaria relacionado com controles positivos ditados por características estruturais intrínsecas do processo de crescimento, mas sim com rupturas, grandes discontinuidades no processo de crescimento, como aquelas relacionadas com desastres e catástrofes.

Se, por outro lado, considerarmos que o controle das irracionalidades possa ser realizado de forma racional pelo crescimento das estruturas hierárquicas de gestão de recursos naturais, cujo processo, como vimos, está ligado ao de metropolização, teríamos então um outro cenário, já previsto pela Teoria Geral dos Sistemas.

7.6.3 Revisitando Bertalanffy

Pelo seu caráter interdisciplinar e extensas generalizações a partir de modelos muito simples, a TGS teve, e ainda tem em alguns campos, um caráter polêmico e revolucionário. Grande parte dela pode ser atribuída a questões principalmente ideológicas ou corporativistas, tanto no ocidente, por parte dos cientistas "clássicos", como no ex-bloco soviético, por parte do poder político socialista. Bogdanov, por exemplo, foi um social democrata revisionista combatido por Lenin como menchevista.* Filósofos marxistas de seu tempo eram hostis às suas idéias porque entenderam a tectologia como um novo sistema filosófico planejado para substituir o de Marx e suas obras foram proibidas, não sendo publicadas por quase meio século na União Soviética.¹¹ Bertalanffy foi educado em filosofia na tradição neopositivista do Círculo de Viena e manteve relações estreitas com a "Sociedade de Filosofia Empírica" de Berlim na década de 20, um grupo de cientistas com visões polêmicas sobre diversos assuntos no qual foram proeminentes o filósofo e físico Hans Reichenbach e o engenheiro Parseval, inventor do dirigível, no entanto declarou que o seu interesse no "misticismo alemão, no relativismo histórico de Spengler, na história da arte e outras atitudes não ortodoxas tornaram impossível vir a ser um bom positivista".¹²

Ao meu ver, e no que interessa ao presente trabalho, muitas das críticas e das reações negativas à TGS parecem derivar de uma perspectiva fatalista sobre a evolução humana. Tanto os escritos de Bertalanffy, como podemos inferir pela reação do *establishment* acadêmico e do partido comunista aos trabalhos pioneiros de Bogdanov, há implícita uma visão que poderíamos definir como "pessimista" do homem e da sociedade,

¹⁰ FOLADORI, G. Los límites del desarrollo sustentable. Banda Oriental, Montevideo, 1999, p. 209.

* "Menchevique" era o nome dado aos minoritários do partido social-democrata russo, adversários dos bolcheviques, majoritários. Os mencheviques preconizaram a luta política, enquanto possível, na legalidade; participaram de eleições; não eram avessos a coalizões com partidos democráticos da burguesia; não consideravam o partido socialista como vanguarda revolucionária do proletariado, mas como seu representante.

¹¹ CAPRA, F. A teia da vida. Cultrix, São Paulo, 1997, p. 52.

¹² BERTALLANFY, L. von. Teoria geral dos sistemas. Vozes, Petrópolis, 1975 (ed. Bras., 1968 ed. orig)

uma percepção subliminar que estaria apontando para destinos irreversíveis de catástrofes e de ciclos de construção/destruição que teriam raízes mais antigas e profundas. Acontece que tal visão pessimista da evolução do homem confronta diretamente os ideais do Projeto Iluminista, entendido aqui como a busca do bem estar da humanidade através do desenvolvimento do conhecimento através da racionalidade, um conceito tido como claro e independente do contexto.* A “tectologia” de Bogdanov, aliada a seus princípios políticos “flexíveis” para uma época de revolução radical na Rússia, desafiaram também os ideais comunistas de um bem-estar geral através de uma racionalidade livre das mitologias e da dominação burguesa.

A mensagem pessimista de Bertalanffy derivava dos princípios da diferenciação e da mecanização progressivas, oriundos do desenvolvimento da TGS originalmente ligado à biologia e confirmados depois pelo desenvolvimento da cibernética, que apontavam para um conjunto surpreendentemente reduzido de alternativas evolutivas, apesar da imensa diversidade que os sistemas naturais analisados apresentavam. Ciclos, estabilidade e concentração em poucos padrões implicavam “fatalidades” às quais a evolução humana dificilmente escaparia. Bertalanffy coloca essa perspectiva em uma introdução eloquente:

Contemplando a história contemporânea no próprio ato de se desenrolar, é difícil atribuir o que nela há de irracionalidade e bestialidade unicamente aos indivíduos (a não ser concedendo-lhes uma capacidade sobre-humana – ou subumana – de malícia e estupidez). Ao contrário, parece que somos vítimas de “forças históricas”, qualquer que seja o significado deste termo. Os acontecimentos parecem implicar mais do que unicamente as decisões e ações individuais, sendo determinadas mais por “sistemas” socioculturais, quer sejam preconceitos, ideologias, grupos de pressão, tendências sociais, crescimento e declínio de civilizações ou seja lá o que for. Conhecemos precisa e cientificamente quais vão ser os efeitos da poluição, da devastação dos recursos naturais, da explosão populacional, da corrida armamentista, etc. Todos os dias um incontável número de críticos dizem-nos isto, citando argumentos irrefutáveis. Mas nem os dirigentes nacionais nem a sociedade em totalidade parecem ser capazes de fazer alguma coisa a respeito desta situação. Se não aceitarmos uma explicação teísta – *Quem Deus perdere vult dementat* – parece que seguimos uma trágica necessidade histórica.¹³

Mais adiante Bertalanffy, ainda desiludido, alertava para os perigos desta “nova criação” que era a TGS, mas ressaltava a importância de se estudá-la:

O novo mundo cibernético (...) não se refere a pessoas, mas a ‘sistemas’. O homem torna-se substituível e consumível. Para os novos utopistas da engenharia dos sistemas (...) é o ‘elemento humano’ que se revela ser precisamente o componente falível de suas criações. Este elemento ou tem de ser eliminado de todo e substituído pelos equipamentos dos computadores, pela maquinaria auto-regulável e coisas semelhantes, ou tem de ser tornado

* apesar de Kant ter dito que a posse do poder inevitavelmente destrói o livre uso da razão.

¹³ Ibid. p. 24.

tão digno de confiança quanto possível, isto é, mecanizado, conformista, controlado e padronizado. Em termos mais ásperos, o homem no Grande Sistema tem de ser – e em larga escala já é – um débil mental, um idiota amestrado ou dirigido por botões, isto é, altamente treinado em alguma estreita especialização ou então tem de ser simples parte da máquina. Isto está de acordo com um princípio bem conhecido dos sistemas, o de progressiva mecanização, na qual o indivíduo se torna cada vez mais uma roda dentada dominado por uns poucos líderes privilegiados, mediocridades e mistificadores que só tem em vista seus interesses privados sob a cortina de fumaça das ideologias (...) Quer consideremos a expansão positiva do conhecimento e o controle benéfico do ambiente e da sociedade, quer vejamos no movimento dos sistemas o advento do *Brave New World* e do *1984*, o fato é que este movimento merece intenso estudo e temos de aceitá-lo.¹⁴

A visão pessimista derivava, portanto, não só de uma desilusão sobre os rumos do desenvolvimento das sociedades mais avançadas, ambiente de trabalho desses cientistas, mas também de uma teoria que permitia a análise de processos subjacentes a fenômenos comuns e a síntese em padrões reconhecíveis que apontavam para uma crescente mecanização e controle centralizado, característicos da sociedade cibernética contemporânea.

É oportuno lembrar aqui que o termo “gestão” tem origem na contração dos termos latinos *gestio* (gerir, administrar, controlar) e *-oni* (*omnis* – tudo, todo).¹⁵ Bertalanffy, bem como outros que o antecederam, já vislumbrava a tendência ao controle total.

7.7 RECOMENDAÇÕES: EM BUSCA DE ALTERNATIVAS

Embora não pareça haver limites para o processo de metropolização e de crescimento do sistema, o que nos conduziria a irracionalidades fatais, ainda assim podem haver alternativas a esse processo. A descrição ou a análise delas extrapola os limites deste trabalho, que pretendeu se focar na estrutura do processo de metropolização e explicar as suas relações.

No entanto, como recomendação para o desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas com as questões aqui levantadas, ainda dentro do contexto de um curso de doutorado interdisciplinar em desenvolvimento e meio ambiente, são sugeridos os seguintes tópicos merecedores de maior atenção e inspeção:

¹⁴ Ibid. p. 26.

¹⁵ CUNHA, A. G. da. Dicionário etimológico Nova Fronteira da língua portuguesa, 2ª. ed., 1986, Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997 (9ª. impressão) p. 385 e 561.

- No que tange ao desenvolvimento de alternativas tecnológicas que contemplam soluções de pequena escala, o trabalho de Pliny Fisk e do *Center for Maximum Potential Building Systems*, de Austin, Texas, USA, pode representar avanços importantes nos conceitos de sistemas construtivos em escala local. A abordagem é fortemente arquitetônica e tecnológica, porém as implicações sociais dos conceitos empregados e as suas aplicações práticas merecem o aprofundamento teórico interdisciplinar.
- As alternativas de desenvolvimento de geração de energia a partir de fontes renováveis e de unidades em pequena escala traz à tona questões de integração dessa geração na rede existente. Uma vez que provavelmente essas unidades geradoras estarão espalhadas e disporão de uma restrita capacidade de armazenamento ou de regulação energética, a sua viabilidade reside na coordenação da geração a partir de diversas fontes e do consumo dessa energia. Esta alternativa tem sido denominada de “geração distribuída” por alguns entusiastas da idéia, no nosso meio representada pelo trabalho solitário de Thomas R. Fendel,¹⁶ mas com aplicações bem sucedidas em outras partes do mundo.¹⁷ Tal estratégia privilegia a diversidade de fontes energéticas estrategicamente localizadas em detrimento da concentração em grandes sistemas centrais, com vantagens econômicas, ambientais e de sustentabilidade. As implicações tecnológicas, sociais e econômicas dessa alternativa merecem estudo detalhado e profundo.
- Os estudos de Peter Evans, da Universidade da Califórnia em Berkeley, relacionados com a inspeção de casos de sinergia (e de alergia) nas relações estado-sociedade, parecem indicar que também essas relações estão sujeitas a efeitos de escala, e que talvez estratégias de pequena escala tenham mais chance de serem bem sucedidas do que outras.¹⁸ Esta linha de pesquisa é aderente ao programa do doutorado e poderia ser utilizada para desenvolver abordagens interdisciplinares sobre as interações entre problemáticas ambientais e processos democráticos e participativos de desenvolvimento.

¹⁶ FENDEL, T. R. *Geração distribuída e co-geração*, mimeo, 1999, 4 p.

¹⁷ LOVINS, A. e LOVINS, H. *Capitalismo natural*. Cultrix, São Paulo, 2000, p. 234.

¹⁸ EVANS, P. (editor). *State-society synergy – government and social capital in development*; University of California, Berkeley. International and Area Studies, 1997.

- As abordagens “localistas” parecem estar ganhando força no cenário das políticas ambientalistas internacionais, como pode ser observado no trabalho de Colin Hines.¹⁹ A “Localização” seria um processo que reverteria a tendência à globalização em favor do local. Dependendo do contexto, o “local” é definido principalmente como parte de uma nação-estado, embora em certos casos possa ser a própria nação-estado, ou um agrupamento regional delas. Maiores estudos sobre a relação da abordagem localista e suas aplicações ao contexto metropolitano poderiam revelar propostas interessantes de políticas regionais.
- Finalmente, também na linha das pesquisas orientadas para políticas de desenvolvimento regional, sugiro que se iniciem estudos sobre o “princípio de subsidiaridade”, que além de estar explicitamente incrustado na constituição de alguns países como a Alemanha, tem sido invocado na discussão da comunidade européia para determinar o grau de intervenção que as organizações supra-nacionais deveriam ter sobre os estados-membros da comunidade, ou mesmo sobre sub-unidades dos estados membros. Este princípio tem orientado o desenvolvimento da política ambiental na comunidade européia, principalmente no que se refere à política de recursos hídricos.²⁰ A equipe técnica encarregada da formação da Autoridade de Bacia do Alto Iguaçu, prevista no PROSAM e em fase de estruturação neste momento, tem se referido a este princípio explicitamente. Análises de suas origens, postulados e da experiência européia na sua aplicação ao contexto das políticas regionais se fazem necessárias.

¹⁹ HINES, C. Localization – a global manifesto. Earthscan, London, 2000.

²⁰ KRAEMER, R. A. Subsidiarity and water policy in Selected issues in water resources management in Europe, v. 2, Ed. Francisco Nunes Correia, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1998.

REFERÊNCIAS

CAPITULO 1

- 1 VESTER, F., Ballungsgebiete in der Krise/Urban Systems in Crisis, Stuttgart: Deutsche Verlags - Anstalt, 1976.
- 2 CASTELLS, M. A sociedade em rede. Paz e Terra, São Paulo, 1999.
- 3 ANDRADE, M. C de. Imperialismo e fragmentação do espaço. Contexto, São Paulo, 1997.
- 4 TIBBS, H. Industrial ecology - an environmental agenda for industry, 2ª ed., Global Business Network, San Francisco, 1993.
- 5 ALVA, E. N. Metrópoles (in)sustentáveis. Relume/Dumará, Rio de Janeiro, 1997.
- 6 SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e Urbanização. Contexto, São Paulo, 1997.
- 7 CASTELLS, M. A questão urbana. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1983.
- 8 MOURA, R. e ULTRAMARI, C. (org.) Metrópole – grande Curitiba: teoria e prática. IPARDES, Curitiba, 1994.
- 9 DIAS, M. L. M. S. Demandas sociais em Temas estratégicos para o Paraná. IPARDES, Curitiba, 1994.
- 10 MAGALHÃES, M. V. A migração no Paraná nas últimas duas décadas: um balanço preliminar. Análise Conjuntural, IPARDES, Curitiba, v. 14 n. 11-12, nov/dez 1992.
- 11 CASTRO, D. Indústria em Temas estratégicos para o Paraná. IPARDES, Curitiba, 1994.
- 14 COMEC. Informações gerais sobre a Região Metropolitana de Curitiba. janeiro, 1993 (Rev. Fev/93).

CAPITULO 2

- 1 BROECK, F. V. e MUÑOZ, A. Las estructuras en la naturaleza y en la técnica: conocimientos cualitativos de las estructuras. Universidad Autonoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México, mimeo. 1986.
- 2 CAPRA, F. A teia da vida. Cultrix, São Paulo, 1977.
- 3 SANTOS, M. Espaço e método. Nobel, São Paulo, 1985.
- 5 BARNES, J. A. Networks and political process in Social networks in urban situations"; editor J. Clyde Mitchell, Manchester University Press, Manchester, 1969, (trad. Cláudio Novaes Pinto Coelho).
- 6 UNIVERSITY OF CALIFORNIA – Social Sciences Department. <http://eclectic.ss.uci.edu/~lin/lin.html>, acessado em 1997.
- 7 GIDDENS, A. A constituição da sociedade. Martins Fontes, (1ª. ed. Bras.) São Paulo, 1989.

- 8 BERTALLANFY, L. von. Teoria geral dos sistemas. Vozes, Petrópolis, 1975 (ed. Bras., 1968 ed. orig) p. 45
- 10 PEPPER, D. Eco-socialism: from deep ecology to social justice. Oxford University Press, 1992.
- 11 GRECO, A. transcrição de entrevista telefônica. Gazeta Mercantil. caderno "Leitura de Fim de Semana", São Paulo; 12, 13 e 14 de junho de 1998, p. 1.
- 12 RUANO, M. Ecourbanismo – entornos humanos sostenibles: 60 proyectos. Gustavo Gili, Barcelona, 1999.
- 14 SANTOS M. O recomeço da história. Folha de São Paulo, Caderno Mais, 9 de janeiro de 2000.
- 21 UNESCO. Qualification of human resources, teaching and research for the planning and management of the urban environment – final report on the technical meeting. Universidade Livre do Meio Ambiente, Curitiba, 1994.
- 23 ASHBY, W. R. Design for a brain – the origin of adaptive behaviour. Chapman & Hall, London, 1966 (1ª. ed. 1954).
- 24 GARDNER H. The mind's new science – a history of the cognitive revolution.; Basic Books, New York 1985.
- 26 CLELAND, D. I. e KING, W. R. System analysis and project management. McGraw - Hill Kogakusha © 1968 2ª ed. Tokio, 1975, p. 211.
- 28 LEITE, A. D. A energia do Brasil. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997, p. 131.
- 30 ANGYAL, A. Precedents to systems theory in EMERY, F. E. (org.) Systems thinking. Penguin Books, 1941, p.20.
- 33 CHADWICK, G. A systems view of planning - towards a theory of the urban and regional planning process, Pergamon Press, London, 1974 (1st ed. 1971); p. 42.
- 37 PESSIS-PASTERNAK, G. Do caos à inteligência artificial. entrevista com Jean-Pierre Dupuy, UNESP, São Paulo, 1992. p. 109.

CAPÍTULO 3

- 1 SMOLIN, L. The life of the cosmos. Oxford University Press, New York, 1997. p. 163.
- 2 RIGHI, C. A. R. Estruturas naturais vs. estruturas projetadas – reflexões. Mimeo, s/d. p. 1.
- 3 SANTOS, M. A natureza do espaço. Hucitec, São Paulo, 2ª. ed. 1997. p. 121.
- 4 FISK, P. Towards a theory and practice of sustainable design. Center for Maximum Potential Building Systems, Austin, TX, 1992.
- 5 LANDES, D. The wealth and poverty of nations. Little, Brown, 650 p. citado na resenha de Max Wilkinson, do Financial Times; Gazeta Mercantil Caderno "Fim de Semana" p. 11, 12, 13 e 14 de junho de 1998.
- 6 SAMUELSON, P. A. Economics. McGraw-Hill, New York, 1953 (4ª. Ed.), p. 22.
- 10 JAMES, L. D. e LEE, R. R. Economics of water resources planning. McGraw-Hill, New York, 1979. p. 66.

- 11 MAJOR, D. C. Multi objective water resource planning,; American Geophysical Union, Washington, 1977 (2nd ed.) p. 72.
- 12 SCHEER, H. Estrategia solar – para el acuerdo pacífico con la naturaleza. Plaza y Janes, Barcelona, 1993.
- 13 FOLADORI, G. Los límites del desarrollo sustentable. Banda Oriental, Montevideo, 1999, p. 78 – 79.
- 15 MUMFORD, L. Authoritarian and democratic technics in Technology and culture, v. 5, 1964, p. 1-8.
- 18 RAMINA, R. H. A casa ecológica. Revista CASA SUL, Ribeiro de Campos, 1º. sem. 1999.
- 20 WAISMAN, D. A lobotomização do dinossauro – ascensão e queda do setor elétrico nacional estatal; um ensaio histórico e político. mimeo, março de 1980, p. 25.
- 21 HAYMES, Y. Y. Hierarchical analyses of water resources systems – modelling and optimization of large-scale systems. McGraw-Hill, New York, 1977. p. 62-63.
- 27 SANTOS, M. Técnica espaço tempo - globalização e meio técnico-científico informacional. Hucitec, São Paulo, 3ª ed., 1997, p.18-19.
- 28 FLYVBJERG, B. Rationality and power – democracy in practice. Columbia University Press, 1998, p. 2.

CAPÍTULO 4

- 1 CAMPOS, M. D. Sufrimentos e prazeres das siriemas: leituras e apropriações de patrimônios naturais e culturais. XX Reunião Brasileira de Antropologia, mimeo, 1996 (?), 23 p.
- 3 DISSELHOFF, H. D. El imperio de los Incas. Imprensa Juvenil, Barcelona, 1978 p. 123. (e notas de viagem ao Peru, em 1985).
- 4 (BATTY, M. e LONGLEY, P. Fractal cities. Oxford Academic Press, New York, 1994, p. 3-4).
- 5 BOAVENTURA NETTO, P. O. Grafos: teoria, modelos, algoritmos. Edgard Blücher, São Paulo, 1996. p. 209.
- 6 ASHBY, W. R. Introduction to cybernetics. in EMERY, F. E. (org.) Systems thinking. Penguin Books, 1941, p. 110-111.
- 7 CHARTRAND, G. Introductory graph theory. Dover, New York, 1985. p.175.
- 12 RAFFESTIN, C. Por uma geografia do poder. 1993, p. 204.
- 13 CORRÊA, R. L. Região e organização espacial. Ática, São Paulo, 1995, p. 41.
- 15 O'CONNOR, J. The meaning of economic imperialism in RHODES, R. I. (ed.) Imperialism and underdevelopment. Monthly Review Press, New York, 1970. p. 118.
- 18 CASTELLS, M. A sociedade em rede. Paz e Terra, São Paulo, 1999. p. 436, 440.
- 19 RAMINA, R. H. Notas de viagem ao Perú, 1995.

CAPÍTULO 5

- 3 WAGNER, H. M. Principles of operation research. Prentice/Hall International, London, 1975 (2nd ed.) p. 169.
- 7 LOIOLA, E. e MOURA S. Análise de redes: uma contribuição aos estudos organizacionais em FISCHER, T. (org.) Gestão contemporânea, cidades estratégicas e organizações locais. FGV, Rio de Janeiro, 1996.
- 8 DIAS, L. C. Redes geográficas nacionais e internacionais em Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro, IBGE, 27-31 de maio de 1996 p.
- 9 SPC – Software Publishing Corporation. Harvard ChartXLI for Windows. 1994, p. 9-26.

CAPITULO 6

- 1 TRINDADE, E.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, A C. et al. Cidade, homem, natureza : uma história das políticas ambientais de Curitiba. Curitiba, Unilivre, 1997.
- 2 MOURA, R.; ULTRAMARI, C. (org.); Metrópole – Grande Curitiba: teoria e prática. IPARDES, Curitiba, 1994, p. 30
- 4 PIQUET, R. P. S. Reestruturação do espaço regional e urbano no Brasil - o papel do estado e dos grandes investimentos. UFRJ/IPPUR, Rio de Janeiro, 1993, p.16.
- 5 WAISMAN D. A lobotomização do dinossauro – ascensão e queda do setor elétrico nacional estatal; Um Ensaio Histórico e Político. Mimeo, 1980, p. 22.
- 6 HADDAD, P. R. Regiões, regionalismo e desequilíbrios espaciais de desenvolvimento: algumas reflexões. "Caminhos do Desenvolvimento Econômico de Curitiba", 1999, Curitiba, p. 265-266.
- 8 DINIZ, C. C. Desenvolvimento poligonal no Brasil : nem desconcentração nem continua polarização. Nova Economia, Belo Horizonte, UFMG, v.3, n.1, 1993. p. 45.
- 9 LOURENÇO G. M. Atração de empresas e concentração industrial no Paraná. Análise Conjuntural, v. 18, n. 11-12, IPARDES, Curitiba. nov/dez 1996, p. 3-4.
- 10 UNILIVRE. Programa de atração de indústrias ambientais para a Região Metropolitana de Curitiba, 1996 (projeto coordenado pelo autor; dados não divulgados até agora).
- 12 COPEL. Balanco energético do Paraná 1980-1998 Curitiba, 1999.
- 14 SCHUSTER, Z. L. L. Sanepar ano 30: resgate da memória do saneamento básico do Paraná. SANEPAR, Curitiba, 1994.
- 19 JACOB P. Movimentos sociais e políticas públicas, citado em SCHUSTER, Z. op. cit. p. 172.
- 20 PREFEITURA DE CURITIBA, Secretaria da Cultura e do Esporte, Coordenadoria do Patrimônio Cultural; A represa e os colonos. Curitiba, 1986, 144 p. ilustr.; p. 75 – 81.
- 21 CARVALHO, A. P. de. Estatais paranaenses avançam no mercado externo. Jornal Gazeta do Povo, 8/set/98 p. 26.

- 22 ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral – PROSAM. Política e sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos – documento de apresentação, Curitiba, 1997; mimeo.
- 23 OLIVEIRA, M. G. de.; Ações da Sanepar leiloadas pelo preço mínimo. Jornal Indústria e Comércio, 9/jul/98, A-10 .
- 25 ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Programa de saneamento ambiental da Região Metropolitana de Curitiba – carta consulta. Curitiba, 1991, p. 8.
- 26 COMEC. Termo de referência para o sistema de gestão da bacia do Alto Iguaçu., 1993.
- 27 PREFEITURA DE CAMPO LARGO. Plano diretor para a bacia do rio Açungui., maio de 1991.
- 28 COCEL – Companhia Campolarguense de Eletricidade. Usina hidrelétrica do rio Açungui I – relatório do projeto básico. doc. no. 9004-RT-200C001/R.0; Intertechne Consultores Associados, Curitiba, março de 1991.
- 29 SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. Plano diretor do sistema de água de Curitiba e região metropolitana – relatório técnico. Curitiba, março de 1992.
- 32 LISBOA, A. A. e BONACIM, E. A. Sistema Aquífero Cárstico – reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. SANARE, vol. 4 n. 4, 1995, Curitiba, p.26.
- 33 KLENK, L. A. Aquífero Karst - população bloqueia três poços do Karst. Folha do Paraná 18/jul/97, sec. Cidades: 1B.
- 34 JORNAL EXPRESSO METROPOLITANO. Apocalipse em Colombo – Sanepar está destruindo Colombo. 4 a 10/agosto/1997; capa e p. 3
- 35 CAMANDUCAIA, A. Karst pode ser a causa de novo buraco. Folha do Paraná, 20/outubro/98, seção Curitiba, p.4.
- 36 GAZETA DO POVO. Aquífero continua preocupando moradores de Colombo. 22/fevereiro/1999, p. 5.
- 37 ECP Engenharia, Consultoria e Planejamento Ambiental Ltda. EIA-RIMA da Chrysler do Brasil volume II p. 45, 1997.
- 38 SANEPAR (escritório de Campo Largo). Demonstrativo histórico – projeção de produção e consumo – sistema de abastecimento de água de Campo Largo. apresentado no Conselho de Meio Ambiente de Campo Largo, 1998, mimeo.
- 39 WAISMAN, D. História do setor elétrico brasileiro. mimeo, 1988. p.13.
- 40 ANEEL. Dados do setor elétrico nacional. www.aneel.gov.br, 1999.
- 41 COPEL - Cia. Paranaense de Energia, Balanco energético do Paraná 1996, Curitiba, 1997
- 42 ESTADO DO PARANÁ - Conselho Estadual de Energia. Modelagem Energética do Paraná. 1982.
- 43 ESTADO DO PARANÁ Conselho Estadual de Energia. Levantamento das potencialidades energéticas do Paraná, 1985.
- 44 ESTADO DO PARANÁ. Estudo da biomassa e do mercado de energéticos de produtos florestais no sudeste paranaense; Convênio COPEL, ITC, FUPEF, COMEC e apoio do Ministério da Agricultura/IBDF, 1985 ilustrado 2 volumes, 276 páginas.

- 45 SABATELLA FILHO, I. Sistemas de energia renovável, mimeo, 1999.
- 46 ESTADO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Aproveitamento do potencial hidrelétrico do Paraná. Curitiba, 1982, p. 1.2.
- 48 GAZETA DO POVO. Racionamento - sul pode ter racionamento de energia em março. site do jornal, 19/janeiro/2000.
- 49 FAYET, L. A. Guerra fiscal, suas causas e realidades. CORECON, Jornal do Economista, Março/Abril/Maio/98, Curitiba, p.4.
- 52 GAZETA DO POVO. Custos serão menores com as hidrovias. 18/setembro/94, p. 3.
- 53 RVPSC - Rede Viação Paraná Santa Catarina. RVPSC – Oitenta Anos, edição especial da revista "Correio dos Ferrovíarios" de fevereiro de 1965 ano XXXII, p. 70.
- 54 FURNAS. www.furnas.com.br acesso em julho/2000.
- 55 DNAEE; Portaria No. 459 de 10 de novembro de 1997.
- 56 COPEL. Balanço energético 1998. Curitiba, 1994.
- 57 COPEL. Matriz energética do Paraná, 1994, p. 44.
- 58 FADEL, E. Jornal O Estado de São Paulo, 18 julho 2000
- 60 PETROBRAS. Projeto de gás da Bolívia. material promocional, s/d.
- 61 LEITE, A. D. A energia do Brasil. p. 77, 133 e 359.
- 63 ESTADO DO PARANÁ. Lei 10856 de 6/junho/1994, Diário Oficial (assinada pelo governador Mário Pereira), p. 83.
- 64 BRASIL ENERGIA. Estatísticas de vendas de gás, no. 221, abril/99, p. 94.
- 66 PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO et al. Plano diretor do Parque Cambuí. Campo Largo, 1995, p.3-44.
- 67 MEACAM - Movimento Ecológico Amigos Do Cambuí. Considerações e recomendações relativas aos estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental das instalações industriais da Chrysler do Brasil no município de Campo Largo, Estado do Paraná; Campo Largo, junho de 1997, p. 7.
- 68 VENDRAMINI, A. Ecologistas protestam contra gasoduto. Jornal Folha do Paraná, 12/agosto/1998, p. 4.
- 69 RIBEIRO, A. Ação quer paralisar obras do gasoduto. Jornal Folha do Paraná, 25/setembro/1998, p. 2.
- 70 JORNAL O ESTADO DO PARANÁ. Ecologistas tentam parar obras do gasoduto na RM. 26/setembro/1998, p. 15.
- 71 JORNAL FOLHA DO PARANÁ. Promotoria questiona gasoduto", 25/setembro/1998, capa.
- 72 COMPAGÁS. Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental / Rede de Distribuição de Gás de Refinaria e Gás Natural – trecho entre Araucária e Campo Largo – Paraná"; s/d (dez/98 ?)
- 73 SIQUEIRA, C. Gás boliviano chega ao Brasil. Brasil Energia no. 218, p. 26, janeiro/99.

- 74 MEACAM - Movimento Ecológico Amigos do Cambuí. Considerações e recomendações relativas ao Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Rede de Distribuição de Gás de Refinaria e Gás Natural no Município de Campo Largo, Estado do Paraná. Campo Largo, Maio de 1999.
- 75 LOGOS COMUNICAÇÃO. Incepa investe mais de US\$1 milhão para receber o gás canalizado em Campo Largo, press release, Curitiba, 3 de fevereiro de 1999.
- 77 BRASIL ENERGIA. Gás de refinaria prepara o mercado no Paraná. no. 218 janeiro 99, p. 40.
- 78 JORNAL FOLHA DE CAMPO LARGO. Vazamento de gás canalizado. 17/março/2000, p.18.

CAPITULO 7

- 1 ROCHEFORT, M. Redes e sistemas – ensinando sobre o urbano e a região. HUCITEC, São Paulo, 1998, p. 157.
- 2 IBGE. Região de influência das cidades. Rio de Janeiro, 1996, 1 disquete 3½.
- 3 BRASIL ENERGIA. ANP prepara minuta para livre acesso a oleodutos. no. 221, abril/99
- 5 TAUTZ C. Integração contra déficit. Revista Brasil Energia no. 219, fevereiro 1999, p. 40.
- 6 COPEL. Balanco energético 1998. Curitiba, 1999.
- 7 MALTHUS, T. R. Ensaio sobre o princípio da população. Europa-América, (texto integral em português) s/d. Portugal. (Ed. Original 1798) p. 26.
- 8 SAMUELSON, P. Economics. McGraw-Hill, New York, 1953 (4th. Ed.), p. 25.
- 10 FOLADORI, G. Los límites del desarrollo sustentable. Banda Oriental, Montevideo, 1999, p. 209.
- 11 CAPRA, F. A teia da vida. Cultrix, São Paulo, 1997, p. 52.
- 12 BERTALLANFY, L. von. Teoria geral dos sistemas. Vozes, Petrópolis, 1975 (ed. Bras., 1968 ed. orig) p. 30
- 15 CUNHA, A. G. da. Dicionário etimológico Nova Fronteira da língua portuguesa., 2^a. ed., 1986, Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997 (9^a. impressão) p. 385 e 561.
- 16 FENDEL, T. R. Geração distribuída e co-geração, mimeo, 1999, 4 p.
- 17 LOVINS, A. e LOVINS, H. Capitalismo natural. Cultrix, São Paulo, 2000, p. 234.
- 18 EVANS, P. (editor). State-society synergy – government and social capital in development; University of California, Berkeley. International and Area Studies, 1997.
- 19 HINES, C. Localization – a global manifesto. Earthscan, London, 2000.
- 20 KRAEMER, R. A. Subsidiarity and water policy in Selected issues in water resources management in Europe, v. 2, Ed. Francisco Nunes Correia, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1998.