

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR GUILHERME DE  
CASTILHO QUEIROZ E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 02.07.1999

  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Uma Metodologia para Tomada de  
Decisão Combinando Princípios do PIR  
e Critérios de Estudos de Impactos  
Ambientais.**

Autor : **Guilherme de Castilho Queiroz**

Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
SCPG - PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

# **Uma Metodologia para Tomada de Decisão Combinando Princípios do PIR e Critérios de Estudos de Impactos Ambientais.**

**Autor : Guilherme de Castilho Queiroz**

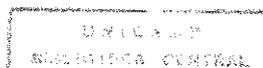
**Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Tese de Doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 1999

S.P. - Brasil



119283

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	111111
V.	Ex.
TIPO	80/39344
PAGE	229/99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	29/10/99
N.º CPD	

CM-00136590-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Q32m

Queiroz, Guilherme de Castilho

Uma metodologia para tomada de decisão combinando princípios do PIR e critérios de estudos de impactos ambientais / Guilherme de Castilho Queiroz.--Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Processo decisório por critério múltiplo. 2. Impacto ambiental - Avaliação. 3. Recursos energéticos - Planejamento. 4. Externalidades (Economia). I. Jannuzzi, Gilberto De Martino. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

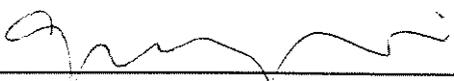
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
SCPG - PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**TESE DE DOUTORADO**

**Uma metodologia para Tomada de Decisão  
combinando princípios do PIR e critérios de  
Estudos de Impactos Ambientais.**

Autor : **Guilherme de Castilho Queiroz**

Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente  
FEM/Universidade Estadual de Campinas**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Ennio Peres da Silva  
FEM/Universidade Estadual de Campinas**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Arnaldo César da Silva Walter  
FEM/Universidade Estadual de Campinas**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Luz Silveira  
FEG/UNESP/Universidade Estadual Paulista**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri  
FEG/UNESP/Universidade Estadual Paulista**

Campinas, 02 de julho de 1999.

## **Dedicatória:**

Com muito amor,

à MARISE, pela colaboração, paciência e apoio,

e aos meus pais Francisco e Cleony, pela coragem e sabedoria.

## Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

À todos os meus familiares e amigos pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao amigo Gilberto De Martino Jannuzzi que me orientou acadêmica e profissionalmente mostrando os caminhos a serem seguidos, e à UNICAMP.

Ao amigo Reitor Edson Carlos Rodrigues e à UNESC pela confiança.

Ao Prof. Dr. Christophe De Gouvello e ao CIRED (Paris/França); ao amigo Prof. Dr. Giancarlo Pireddu e à Scuola Superiore Enrico Mattei (Milão/Itália); e, aos colegas Prof. Eliot Laniado e Fortunato Rosace e ao Politécnico de Milão (Itália) pelo apoio acadêmico.

Aos professores Ennio e Arnaldo e ao PSE, José Luz e Perrella e à UNESP, e à todos os amigos, colegas e professores do DE/FEM, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho, em especial ao Madureira, Mammana, Jamil, Vanice, Cássia, Luís Márcio, Carla, Cristiano, e aos funcionários Rodrigues, Neuza e Márcia. Também aos Profs. Daniel Joseph Hogan e Maria Lúcia Leonardi (*in memorian*) e ao NEPAM.

Aos colegas Eduardo, Vanilde, Marcos, Nadja, Artur, Roberto, Clair, Rose, Nivaldo, Gilberto, Gilca, Fábila e Carlos (*in memorian*) que mesmo de forma indireta contribuíram com este trabalho e a todos os colegas do NUPEA/UNESC e em especial ao Prof. Dr. Eurico Back pela colaboração na ortografia e gramática portuguesa.

À ACAFE e à CAPES pela bolsa que me deu apoio neste trabalho.

*Mas o caminho que sigo,  
tenho de manter;  
se não fizer nada,  
se não estudar,  
se não procurar,  
então estou perdido.  
Então, ai de mim!*

*Vincent Van Gogh (1853 - 1890)*

## Resumo

QUEIROZ, Guilherme de Castilho, *Uma Metodologia para Tomada de Decisão Combinando Princípios do PIR e Critérios de Estudos de Impactos Ambientais*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Energia - Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, 1999, 219 p. Tese (Doutorado).

Este trabalho desenvolve uma metodologia de tomada de decisão procurando enfatizar aspectos que contribuem para o desenvolvimento econômico e sócio-ambiental agregando três ferramentas: Planejamento Integrado de Recursos, Estudos de Impactos Ambientais e Avaliação de Múltiplos Objetivos, até hoje usadas de forma não integrada pelo setor energético brasileiro. Apresentam-se aspectos desses três instrumentos, que agregados formam o aqui denominado *Relatório PIR* que pode ajudar o decisor a propor alternativas para a solução ou mitigação de problemas energéticos, econômicos, ambientais, sociais e das externalidades. Dessa forma, introduz-se a necessidade de construção das *alternativas de PIR*, estruturadas por um Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (GAIA), que pressupõe também estudos de Gerenciamento do Lado da Demanda (com *análises por uso-final*), visando à tomada de decisão baseada na Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos (APMO) econômicos e sócio-ambientais (externalidades). Aplica-se essa metodologia no estudo de caso denominado *Relatório PIR-RBPC* para a região das Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba e Capivari, que suporta a conclusão de que o uso do *Relatório PIR* pode facilitar e contribuir na tomada de decisão com mitigação dos problemas sociais dentro do novo sistema de mercado livre de energia.

### *Palavras Chave*

- Processo decisório por critério múltiplo, Impacto ambiental - Avaliação, Recursos energéticos - Planejamento, Externalidades (Economia).

## Abstract

QUEIROZ, Guilherme de Castilho, *A Methodology to Decision Making Combining IRP (Integrated Resource Planning) Principles and Environment Impact Studies Criteria*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Energia - Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 219 p. Tese (Doutorado)

This work contributes towards the development of a method that addresses economic, social and environmental issues of the energy sector. This method combines three others used in energy and environmental planning: Integrated Resources Planning, Environmental Impact Studies, and Multi-Objective Evaluation. These instruments are presented and aggregated to form what we call *IRP Reports*, which can help the decision maker to propose alternatives for the solution or mitigation of the regional energy, economic, environmental and social problems and related externalities. This way, *IRP alternatives* construction method is introduced, which will be structured by an Environmental Impact Valuation Guide. Demand Side Management studies are also proposed (with *end-use analysis*), and alternatives to decision makers are generated and evaluated based on economic and social-environmental parameters using Multi-Objective Weighted Evaluation. This methodology is applied to a case study called *IRP-RBPC Report* on the Capivari and Piracicaba rivers Basin Region, which supports the conclusion: the *IRP Report* contributes to offer criteria to better guide the choices between alternative plans.

### *Key Words*

Multiple criteria decision making, Environmental impact - Evaluation, Energetic resources - Planning, Externalities (Economy).

## Índice

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Quadros	ix
Lista de Gráficos	x
Lista de Fluxogramas	xi
Lista de Equações	xii
Nomenclatura	xiii
1 Introdução	1
1.1 - Considerações Gerais	1
1.2 - Objetivos do Trabalho	7
1.3 - Estrutura do Trabalho	9

2 Revisão Bibliográfica e Aspectos das Ferramentas do <i>Relatório PIR</i>	10
2.1 - Desenvolvimento Econômico e Sócio-Ambiental	11
2.1.1- Desenvolvimento Regional: a necessidade de relacionar a economia com a geração de empregos e com o meio ambiente (externalidades)	15
2.1.2- Emissões regionais de CO <sub>2</sub> e o efeito estufa global: externalidade ambiental	17
2.1.3- A análise custo-benefício e o meio ambiente regional: avaliando externalidades	21
2.2 - Planejamento Energético e PIR: oportunidade para incorporar as externalidades (múltiplos indicadores sociais e ambientais)	24
2.3 - EIA: a evolução da avaliação de impacto ambiental em busca da incorporação de novos indicadores sócio-ambientais (externalidades)	30
2.4 - Avaliação dos Múltiplos Objetivos Econômicos, Sociais e Ambientais (externalidades)	37
3 Metodologia do <i>Relatório PIR</i>	50
3.1 - Caracterização Energética-Externalidades (p.ex. emissões de CO <sub>2</sub> ) da Região	53
3.1.1- Definições: problema energético e múltiplos objetivos	54
3.2 - GAIA: Estruturação das <i>alternativas de PIR</i> segundo um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e sócio-ambientais (externalidades)	56
3.2.1- Instrumentos básicos do <i>software</i> GAIA	59
3.2.2- Operações do <i>software</i> GAIA	61
3.2.3- Estruturação das <i>alternativas de PIR</i> em EIA no <i>software</i> GAIA	64
3.3- APMO: Avaliação integrada e escolha entre as <i>alternativas de PIR</i>	67
3.3.1- Exemplo de Cálculo dos Índices de Concordância e de Discordância e respectivo Gráfico de DF	73

4 Estudo de Caso - <i>Relatório PIR-RBPC</i>	79
4.1 - Caracterização Energética-Externalidades (p. ex. CO <sub>2</sub> ) da região RBPC	80
4.1.1 - Consumo de Energia e Externalidade-emissão de CO <sub>2</sub>	82
4.1.2 - Definição do Problema e dos Múltiplos Objetivos	87
4.2 - <i>Alternativas de PIR - Software GAIA (Guia de Avaliação de Impacto Ambiental)</i>	88
4.2.1 - <i>Elementos Constituintes</i>	88
4.2.1.1 - GLD de Conservação de energia elétrica	90
4.2.1.2 - Fóssil - Termelétrica queimando gás natural (UTE-GN)	92
4.2.1.3 - Renovável - Bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar	94
4.2.1.4 - Outros <i>elementos constituintes</i> - Mitigando CO <sub>2</sub>	96
energia solar	96
pequenas centrais hidrelétricas (PCHs)	97
energia eólica	98
4.3 - Tomada de Decisão com APMO - escolha entre as <i>alternativas de PIR</i>	103
4.3.1 - Cálculos e Avaliações Preliminares da APMO	105
4.3.2 - Tomada de Decisão	108
5 Conclusões	117
6 Sugestões	122
Referências Bibliográficas	126

Apêndices:

A - Resolução CONAMA	148
B - VISPA - Avaliação Integrada - escolha entre projetos alternativos	154
C - GAIA - Guia de Avaliação de Impacto Ambiental	164
D - Fator de emissão do IPCC	174
E - Dados da RBPC	178
F - Consumo de Energia Elétrica por setor e por município da RBPC em 1995	189
G - Vendas de biomassa líquida por município da RBPC em 1995	194
H - Vendas de derivados de petróleo em 1995 na RBPC	197
I - Potencial de Conservação da RBPC para o ano 2005	216

## Lista de Figuras

2.1 Compensação do mercado à menor qualidade ambiental (custos sociais).	15
2.2 Emissão per capita de CO <sub>2</sub> na Venezuela, Europa, Ásia e EUA.	19
2.3 Emissão per capita de CO <sub>2</sub> na América Latina e no Mundo.	20
2.4 O modelo tradicional de planejamento elétrico a custo mínimo.	24
2.5 Curva de custo - suprimento - conservação de energia.	25
2.6 Um modelo de PIR a custo mínimo.	26
2.7 Principais atividades envolvidas no PIR.	28
2.8 Análise custo-receita.	31
2.9 Análise custo-benefício social.	32
2.10 Diagrama morfológico da hierarquia do comportamento humano.	39
2.11 Espaço dos objetivos da programação com múltiplos objetivos.	41
2.12 Espaço de decisão da programação com múltiplos objetivos.	42
2.13 Matriz de alternativas ( <i>payoff</i> ).	45
2.14 Avaliação dos múltiplos objetivos.	46
3.1 Genealogia de um gráfico árvore.	60
3.2 Função de utilidade padrão ( <i>standard</i> ).	68
3.3 Análise de área de DF da APMO.	72
3.4 Exercício - ordenação pela área de DF num Gráfico R2.	78

4.1 Localização da RBPC no ESP e EMG.	81
4.2 Regiões de insolação do ESP e RBPC.	96
4.3 Regiões de potencial eólico do ESP e RBPC.	98
4.4 Tomada de decisão em função da política de desenvolvimento adotada.	109
4.5 Reordenação gráfica da área de DF.	111

## Lista de Tabelas

3.1 Exemplo de tabela de caracterização energética-externalidades (p.ex. CO <sub>2</sub> ) regional.	54
3.2 Exemplo de tabela básica para um estudo de GLD.	55
3.3 Exemplo de um gráfico - árvore de linha.	57
3.4 Exemplo de um gráfico - árvore de coluna.	57
3.5 Exemplo da matriz das árvores de linha e de coluna.	58
3.6 Matriz de avaliação genérica.	59
3.7 Exemplo de codificação para o objetivo empregos gerados.	62
3.8 Exemplo de agregação por linha.	63
3.9 Exemplo de Alternativa Zero - Importação Máxima.	64
3.10 Exercício - matriz de avaliação para uma APMO.	73
3.11 Exercício - vetor de pesos.	74
3.12 Exercício - cálculo do IC.	75
3.13 Exercício - cálculo do ID.	76
3.14 Exercício - ordenação segundo i(c) e i(d).	77
4.1 Consumo de energia elétrica e respectiva emissão de CO <sub>2</sub> na RBPC em 1995	83
4.2 Fatores de conversão tCO <sub>2</sub> /TJ.	85
4.3 Análise energética-externalidade (CO <sub>2</sub> ) na RBPC em 1995.	85
4.4 Produção de energia elétrica na RBPC em 1995.	87
4.5 Codificação para o objetivo emprego.	88

4.6 <i>Elemento constituinte</i> - Importação máxima.	89
4.7 Demanda, conservação de energia e emissão evitada de CO <sub>2</sub> na RBPC em 2005	91
4.8 <i>Elemento constituinte</i> - GLD de conservação de energia elétrica.	92
4.9 <i>Elemento constituinte</i> - UTE-GN.	93
4.10 <i>Elemento constituinte</i> - Renováveis máxima.	95
4.11 PCHs da RBPC.	97
4.12 <i>Elemento constituinte</i> - Outras (solar, PCHs, eólica).	99
4.13 <i>Elemento constituinte</i> - UTE-OC.	100
4.14 <i>Alternativas de PIR</i> .	101
4.15 <i>Alternativas de PIR</i> dominantes e dominadas pelo critério de <i>Pareto</i> .	104
4.16 Nova matriz de avaliação pós-função de utilidade.	106
4.17 Conjunto de pesos utilizados na APMO da RBPC.	107
4.18 Matriz de <i>Alternativas de PIR - Payoff Final</i> .	110
4.19 Emissão em tCO <sub>2</sub> por setor/combustível fóssil em 1995.	113
4.20 Emissão por setor/combustível renovável (MtCO <sub>2</sub> ) em 1995.	114

## **Lista de Quadros**

2.1 Paradigmas Dominantes.	12
2.2 Métodos de avaliação de impacto ambiental.	34
2.3 Métodos clássicos de avaliação dos múltiplos objetivos.	43
2.4 Método dos pesos.	49

## Lista de Gráficos

4.1 <i>Alternativas de PIR</i> com objetivos a serem maximizados.	103
4.2 <i>Alternativas de PIR</i> dominantes com objetivos a serem maximizados.	105

## **Lista de Fluxogramas**

2.1 Procedimento do <i>Relatório PIR</i> nos conceitos de um EIA.	36
2.2 Processo de tomada de decisão.	48
3.1 Metodologia de <i>Relatório PIR</i> .	52

## Lista de Equações

2.1	Análise custo-benefício.	30
2.2	Análise da atratividade econômica.	33
2.3	Programação com múltiplos objetivos.	41
2.4	Abordagem via função de utilidade.	42
2.5	Método de ordenamento lexicográfico.	44
2.6	Método de programação alvo ( <i>goal programming</i> ).	44
3.1	Índice de concordância (IC).	69
3.2	Índice de discordância (ID).	70
3.3	Índice absoluto de concordância - $i(c)$ .	70
3.4	Índice absoluto de discordância - $i(d)$ .	70
4.1	Abordagem via função utilidade - maximização	105

## Nomenclatura

### *Letras Latinas*

B- Benefício

$B_{liq}$ - benefício menos custo = Benefício Líquido

C- Custo

$C_{liq}$ - custo menos benefício = Custo Líquido

Ccap- Custo de capital

Cfix- Custos fixos

Cvar- Custos variáveis

Evend- Energia vendida

f- função objetivo

g- equação de restrição

h- alternativa

i- objetivos

j- alternativa

k- alternativa

m- linha da matriz

N- número de elementos constituintes

n- número de objetivos

P- equação de restrição  
p- preço  
Q- equação de restrição  
Q\*- emissão máxima ótima  
q- quantidade de produção  
r- taxa de retorno  
S- espaço dos objetivos  
 $t_0$ - tempo inicial  
 $t_2$ - tempo intermediário  
 $t_3$ - tempo de equilíbrio  
T- espaço de decisão  
u- utilidade  
V- volts  
x- objetivo  
y- metas  
Z- conjunto de soluções não dominadas  
z- bens qualitativos ou ambientais  
W- bens quantificáveis  
w- peso

### *Letras gregas*

$\chi$ - porcentagem (%) de produção de energia elétrica por usina hidrelétrica

$\delta$ - % de produção de energia elétrica por usina termelétrica

$\gamma$ -% de produção de energia elétrica por importação

$\varepsilon$ - consumo energético

$\phi$ - fator de emissão

$\eta$ - emissão por fonte energética e por município

$\iota$ - demanda futura (previsão)

$\varphi$ - % de redução do consumo por setor e por uso-final

$\kappa$ - energia conservada por setor e por uso-final

$\nu$ - emissão evitada por setor e por uso-final

$\Sigma$ - Somatório

## *Superescritos*

\*- ótimo

## *Subscritos*

líq- líquido

cap- capital

fix- fixos

var- variáveis

vend- vendida

0- inicial

## *Abreviações*

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

Al. Oc.- Alemanha Ocidental

Alem. Or.- Alemanha Oriental

APMO- Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos

RBPC- Região das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba e Capivari

CH<sub>4</sub>- Metano

CO- Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub>- Dióxido de Carbono

Dep- Depreciação

CCE- Custo de Conservar Energia

CP - Correio Popular

D.B.O.- Demanda biológica de oxigênio

DF - Dominância Fraca

EIA- Estudo de Impacto Ambiental

El. con.- *Elemento Constituinte*

ELECTRE- *Elimination et Choix Tradussant de la Realité*

EMG- Estado de Minas Gerais

Emp.- Emprego

Eq.- Equação

ESP- Estado de São Paulo

Evit.- evitado

FSP - Folha de São Paulo

GAIA - *Software*: Guia à Análise de Impacto Ambiental

GDF- método de Geoffrion, Dyer e Feinberg

GGIS - *Greenhouse Gas Inventory Software*

GLD- Gerenciamento do Lado da Demanda/DSM- *Demand Side Management*

GLO- Gerenciamento do Lado da Oferta

GLP- Gás Liquefeito do Petróleo

GN- Gás Natural

GWP- *Global Warming Potential*/Potencial de Aquecimento Global

hab.- habitantes

IC - Índice de Concordância

ICMS - Imposto sobre o Comércio de Mercadorias e Serviços

ID - Índice de Discordância

i.e.- isto é

IPCC- *Intergovernmental Panel on Climate Change*

Max- Maximização

MDL- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo/CDM - *Clean Development Mechanism*

NEPA - *National Environmental Policy Act*

NO<sub>x</sub>- Óxidos de Nitrogênio

N<sub>2</sub>O- Óxido Nitroso

NMVOCS- Componentes Orgânicos Voláteis Não-Metanos

Obs.- Observação

OC- Óleo Combustível

p.ex.- por exemplo

PIB- Produto Interno Bruto

PIR- Planejamento Integrado de Recursos

PNRH- Política Nacional dos Recursos Hídricos

PROALCOOL- Programa Nacional do Alcool

PROCEL- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PSD- Paradigma Social Dominante

RIMA- Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

s.a.- sujeito a

SO<sub>x</sub>- Óxidos de Enxofre

SWT- *surrogate worth trade-off-method*

ton=t- tonelada

UIA- unidade de impacto ambiental

UTE- Usina Termelétrica

VISPA - *Software*: Avaliação Integrada - Escolha entre Projetos Alternativos

ZEI- Zonas Estritamente Industriais

WTP- *Willingness to Pay*

!- fatorial

^- conjunto

## *Siglas*

ACAFE - Associação Catarinense das Fundações Educacionais

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

BEESP- Balanço Energético do Estado de São Paulo

CAPES- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEMIG- Companhia Energética de Minas Gerais

CESP- Companhia Energética do Estado de São Paulo

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CJE - Companhia Jaguari de Eletricidade

COMGÁS- Companhia Metropolitana de Gás

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPERSUCAR- Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo

CPFL- Companhia Paulista de Força e Luz

DE - Departamento de Energia

DNC - Departamento Nacional de Combustíveis

EEB - Empresa de Eletricidade Bragantina

ELETROBRÁS- Eletricidade Brasileira

ELETROPAULO- Eletricidade de São Paulo

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola

EUA- Estados Unidos da América

FEM- Faculdade de Engenharia Mecânica

FURNAS- Companhia Hidroelétrica de Furnas

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

IEA- *International Energy Agency*

MERCOSUL- Mercado Comum do Cone Sul

MME- Ministério das Minas e Energia

NEPAM - Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais

NIPE- Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético

NUPEA - Núcleo de Pesquisas Ambientais

OECD- *Organization for Economic Cooperation and Development*

ONG - Organização Não Governamental

PICD- Programa de Incentivo à Capacitação de Docentes

PSE- Curso de Pós-graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos

RAC- Região Administrativa de Campinas

REPLAN- Refinaria do Planalto

SEESP- Secretaria de Energia do Estado de São Paulo

SEMA- Secretaria Especial do Meio Ambiente

SMA - Secretaria do Meio Ambiente

SSEM/ENI - *Scuola Superiore Enrico Mattei - Enti Nazionali Idrocarburi*

UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas

UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense

US- *United States of America*

***Tabela de Unidades:***

Unidade	Notação Científica	watts	watts-horas	gramas	Joule	calorias
Quilo	$10^3$	kW				
Mega	$10^6$		MWh			
Giga	$10^9$			Gg		
Tera	$10^{12}$				TJ	
Peta	$10^{15}$					Pcal

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 - Considerações Gerais

Segundo GALVÃO et al. (1997), o conhecimento profundo dos hábitos e padrões de vida da população é necessário:

- I- ao órgão público, regulador-planejador, para resolver os conflitos de uma sociedade;
- II- às empresas, para competirem no mercado de energia.

Portanto, para as empresas e para um órgão regulador-planejador, no novo modelo econômico brasileiro e mundial de globalização, abertura econômica, privatização, mercado livre e competição, fazem-se necessários levantamentos detalhados de uso de tecnologias, sua respectiva eficiência e o consumo de energia por classe social ou subsetor industrial e comercial, os quais conduzem a caracterizações importantes conhecidas como *análise por uso-final* (GALVÃO et al., 1997).

Segundo UGAYA (1996) e GALVÃO et al. (1997), essas *análises por uso-final* mostram, p.ex., em qual município é consumida maior quantidade de determinada fonte energética, e mais detalhadamente em qual setor da economia, tecnologia de uso-final, etc., há maior contribuição de determinada fonte poluidora ou emissora, etc., sendo portanto as *análises por uso-final* necessárias para o melhor conhecimento do mercado capitalista<sup>1</sup> desse novo modelo econômico globalizado, pois:

- I- definem as necessidades energéticas em relação à produção de bens ou à satisfação das necessidades humanas;
- II- facilitam a implementação de estudos de conservação de energia e de outros programas de eficiência energética, i.e., gerenciamento do lado da demanda (GLD, também conhecido como *demand side management*, DSM).

Uma boa *análise por uso-final* com avaliação simultânea do gerenciamento do lado da oferta (GLO) forma um planejamento integrado de recursos (PIR) energéticos, pois considera as opções de expansão da oferta energética, as melhorias de eficiência, as novas tecnologias, a conservação, a autoprodução, as fontes renováveis, etc. (UGAYA et al., 1997).

Segundo JANNUZZI et al. (1997a), o PIR planeja a curto e longo prazo, integrando a estrutura de oferta de energia, com usinas de grande e de pequeno porte, como as autoprodutoras e as de cogeração, com os programas de eficiência, envolvendo informação, etiquetagem, padrões de desempenho, regulação, etc.

---

<sup>1</sup> O termo capitalismo designa um sistema econômico no qual a maior parte da vida econômica, particularmente o investimento em bens de produção e sua propriedade, se desenvolve em caráter privado (não-governamental), em processo de concorrência econômica, tendo como incentivo o lucro (FGV, 1986).

Os PIRs ou *portfólios de recursos*<sup>2</sup> são agrupamentos de recursos energéticos como formas diversas de geração, conservação de energia, etc., que satisfazem certas condições técnicas, econômicas, financeiras e ambientais previamente especificadas. Uma avaliação dos múltiplos objetivos dos *portfólios* alternativos de recursos (denominados neste trabalho por *alternativas de PIR*) é bastante facilitada com o auxílio de matrizes que expressam os diversos custos e benefícios nas finanças da empresa concessionária, na esfera dos consumidores, na área ambiental, na questão social e no desenvolvimento econômico regional de uma forma qualitativa, quantitativa e mesmo contabilizada, quando possível (BAJAY et alii, 1996a; BCUC, 1993).

O PIR está mais adaptado mundialmente ao setor elétrico, uma vez que foi desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA), onde os monopólios privados foram compelidos por suas comissões reguladoras a adotá-lo para identificar e captar o potencial de melhoria de eficiência energética que poderia ser obtido com custos socialmente menores que aqueles de geração. Já em outros países, diferentemente daquela proposta de PIR original, existem órgãos nacionais que controlam totalmente o setor elétrico. Outros têm grandes companhias elétricas privadas, mas com menor regulação que os EUA. Outros ainda têm muitas companhias de distribuição locais, que compram de uma companhia de oferta nacional, e alguns desses países estão começando a introduzir a competição no setor. O PIR tem como uma de suas razões o fato de que é difícil implementar programas de GLD financiados pelas companhias privadas, a não ser que a eficiência energética seja economicamente viável (JANNUZZI et al., 1997a).

No caso específico da re-estruturação do setor elétrico em curso em diversos países<sup>3</sup>, que tem ênfase na privatização de empresas concessionárias estatais e no incentivo a produtores independentes e autoprodutores, em futuro relativamente próximo, o planejamento da expansão dos sistemas hidrotérmicos interligados, efetuado nacionalmente, deve passar a ter caráter indicativo (BAJAY et alii, 1996b).

---

<sup>2</sup> O termo *portfólio* tem sua origem na *teoria dos portfólios*, amplamente utilizada na análise financeira dos riscos envolvidos em *portfólios* alternativos de projetos de investimentos (BAJAY et alii, 1996a).

<sup>3</sup> Inclusive no Brasil, com a presente abertura e tendência de evolução da legislação desse setor.

Segundo BAJAY et al. (1998), conforme a moderna concepção do setor energético não bastará somente a regulação para resolver todas as questões, tendo o governo de atuar em três esferas bem distintas e complementares, que são:

- I-* regulação;
- II-* planejamento indicativo;
- III-* políticas energéticas.

Segundo BAJAY et alii (1996a), o PIR, caso feito pela empresa concessionária, deverá ser aprovado pelo órgão regulador-planejador<sup>4</sup> que exerce papel-chave na implementação de uma estratégia de PIR, já que deve:

- I-* estabelecer as diretrizes desse planejamento;
- II-* orientar as empresas concessionárias na elaboração dos planos alternativos;
- III-* atuar como coordenador da busca de entendimento entre os vários segmentos da sociedade interessados nesses planos; e, finalmente,
- IV-* aprovar formalmente o melhor plano.

No caso específico do setor elétrico brasileiro, com o surgimento de nova forma de planejamento de longo prazo, o planejamento indicativo (PIR) passa a ser essencial. Assim, é possível integrar o PIR com o despacho ótimo dos sistemas interligados e com o conhecimento dos custos marginais, de expansão e de operação, nos pontos de interligação elétrica e hidráulica dos sistemas de cada empresa concessionária, produtor independente e autoprodutor. Essas informações são fundamentais para os exercícios de PIR, que normalmente se desenvolvem regionalmente e podem beneficiar-se substancialmente de uma coordenação nacional que vise contribuir com os conceitos do desenvolvimento sustentável (BAJAY, 1997a).

---

<sup>4</sup> Aprovado pelo órgão regulador-planejador, o plano deverá ser implementado e, assim, investe-se nos recursos selecionados. Apesar da revisão pelo órgão regulador-planejador e da desejável participação de entidades externas, deve ser de inteira responsabilidade da empresa concessionária a formulação e implementação do plano (BAJAY et alii, 1996a).

Segundo PEARCE et al. (1990) e KULA (1994), o conceito de desenvolvimento sustentável é amplo, traz definições de acordo com a disciplina tratada (peixes, florestas...) e traz também o julgamento da ética e da moral para a economia. Dessa forma, muitas definições de desenvolvimento sustentável têm sido sugeridas e debatidas na literatura, sendo bastante incompatíveis entre si e vão desde uma perspectiva ecocêntrica, em que para os ecologistas extremos, somente uma estratégia de desenvolvimento mínimo é moralmente suportável, até uma perspectiva tecnocêntrica, em que outros analistas argumentam que o conceito de sustentabilidade contribui pouco na política e na teoria econômica convencional. Segundo TURNER et al. (1993), essas são consideradas posições extremas e classificadas como de muito fraca e de muito forte sustentabilidade, sendo que a definição mais seguida é a de equidade entre gerações e intrageração. Da mesma forma, HENRY et al. (1996), PEARCE et alii (1993) e VIOLA et al. (1992) seguem a definição do *Brundtland Report* da *World Commission of Environment and Development* (WCED, 1987):

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades. Esta definição contém dois conceitos chaves: o conceito de necessidade, sobretudo aquelas essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade; e a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras (WCDE, 1987).

Ainda segundo TURNER et al. (1993), o desenvolvimento econômico dos mercados livres, como o do atual setor energético brasileiro, falha por ser improvável o estabelecimento de mercados de bens e serviços ambientais. Daí o conceito de externalidade, pois as ações de um indivíduo ou empresa afeta o bem-estar<sup>5</sup> dos outros, mas freqüentemente não há incentivo para que o gerador do efeito o leve em conta na sua tomada de decisão. Em face disso, sugere-se que o governo intervenha no lugar do mercado para mitigar os problemas daqueles que sofrem das externalidades negativas, pois:

---

<sup>5</sup> Pareto (1848-1923) foi economista que formulou várias regras sobre quando a sociedade poderia ser considerada melhor ou pior em termos de bem-estar: fundamentos da moderna economia do *welfare* (TURNER et al., 1993).

A externalidade é definida como o efeito do lado não-intencional da produção e consumo que afeta uma terceira parte tanto positivamente, quanto negativamente. Os economistas distinguiram tipos de externalidades entre pecuniárias, que são transmitidas pelo sistema de preços, e tecnológicas, que causam efeitos físicos de valor real transmitidos de um agente para outro, sendo esta última a que captura o interesse da política e economia dos recursos naturais (DANIEL, 1991).

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) vem desenvolvendo várias teses, dissertações, trabalhos e livros na área interdisciplinar de Planejamento de Sistemas Energéticos (PSE) da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) e no Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM) que contribuem com a proposta deste trabalho, como: o PIR e a *análise por uso-final*, de JANNUZZI et al. (1997a), UGAYA (1996) e JANNUZZI (1985); o Desenvolvimento Regional, de JANNUZZI et alii (1993, 1996 e 1997), NEPAM (1997), JANNUZZI et al. (1996 e 1997b) e QUEIROZ et al. (1997); o GLD e a Conservação de Energia relacionada ao consumo de água (POMPERMAYER, 1996), ao uso de coletores solares planos (SALCEDO, 1996; SALCEDO et al., 1996), ao financiamento e às políticas de meio ambiente (MAMMANA, 1994), à substituição de energéticos (CANAVARROS, 1994), à iluminação de edificações (RECHE, 1991), à indústria (WALTER, 1987), à reciclagem (MELDONIAN, 1998); as Fontes Alternativas relacionadas à cogeração e à energia renovável, de SILVEIRA (1994) e WALTER (1994), ao gás natural, de RODRIGUES (1995) e SALES (1992); as Emissões de Poluentes, de CAVALIERO (1998) e PEDROSO (1996); o Planejamento Elétrico, de BAJAY (1981; et al., 1984; et alii, 1996a; et alii, 1996b; 1997a; 1997b; et al., 1998); a Avaliação de Impacto Ambiental, de SOLTERMANN (1995); a Avaliação de Múltiplos Objetivos, de BALESTIERI (1994), HADDAD (1993), CORREIA (1988), VALENZUELA (1993), SANT'ANA (1995), CHAN (1996), CARVALHO (1998); e a Cidadania e o Meio Ambiente, de acordo com BARBOSA (org., 1995 e 1998), MARTINE (org., 1993), FERREIRA (1993), FERREIRA (org., 1992) e HOGAN et al. (org., 1992); entre outros.

## 1.2 - Objetivos do Trabalho

O objetivo aqui é desenvolver um *Relatório PIR* com uma metodologia que complete o PIR incluindo os critérios dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA tradicional<sup>6</sup>), com análise de múltiplos indicadores (futuros objetivos) econômicos e sócio-ambientais, e visando a tomada de decisão baseada na Avaliação dos Múltiplos Objetivos econômicos e externalidades.

Pretende-se dar uma contribuição para que os recursos energéticos e naturais sejam utilizados de maneira otimizada, considerando os múltiplos objetivos de uma sociedade.

Inserida na proposta de *Relatório PIR* está a metodologia de estruturação das *alternativas de PIR*, que segue os conceitos do EIA, visando à tomada de decisão por uma política regional baseada na Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos (APMO), com posterior acompanhamento dos objetivos econômicos e sócio-ambientais (externalidades) passo a passo no desenvolvimento do projeto, o que deverá conduzir à solução ou mitigação dos principais problemas energéticos de uma determinada região em estudo.

O objetivo do trabalho será alcançado por meio dos *Relatórios PIR*, que refletem a avaliação de recursos energéticos tanto do lado da oferta como da demanda e expressam as preferências de diversos agentes, inclusive governamentais, produtores independentes, consumidores e grupos ambientalistas.

Esta metodologia do *Relatório PIR* é completa e complexa e pode ser utilizada por qualquer órgão, instituição, pesquisador, planejador, decisor, etc., que vise um planejamento energético que incorpore as externalidades na sua análise e avaliação.

---

<sup>6</sup> Segundo COLORNI et al. (1991), o EIA tradicionalmente é baseado em análises econômicas, não sendo relevantes os aspectos sociais.

Para efeitos da análise no estudo de caso do capítulo 4, assume-se que esse processo seja centralizado em um decisor do setor energético, o qual deve apresentar o *Relatório PIR* final com o plano de recursos escolhido e as razões para a escolha desse plano de recursos. A metodologia de *Relatório PIR*, utilizada por um decisor orientará os investidores com respeito a onde investir, mais especificamente, escolhendo as *alternativas de PIR* que atendam aos requisitos de energia e ao mesmo tempo satisfaçam os múltiplos objetivos de economia e externalidades (emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e geração de empregos). A produção do *Relatório PIR* regional tem como justificativa a resolução de conflitos de uma sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social e ambiental, uma vez que deverá confrontar as diversas *alternativas de PIR* em uma metodologia de avaliação dos múltiplos objetivos, inclusive podendo contribuir com os princípios de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida.

Portanto, além de dar continuidade aos diversos trabalhos desenvolvidos pelo PSE, FEM e NEPAM, i.e., pela UNICAMP, o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento da metodologia de *Relatório PIR* que agrega as 3 ferramentas, até hoje usadas de forma não integradas, de PIR, EIA e Avaliação de Múltiplos Objetivos, ajudando na tomada de decisão que incorpore as externalidades dentro de um sistema de mercado livre de energia.

### 1.3 - Estrutura do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos e apresenta a estrutura descrita a seguir.

O capítulo de introdução apresenta o contexto geral e formula o problema central do trabalho, que é a necessidade da integração de três ferramentas num *Relatório PIR*, que são o PIR, o EIA e a Avaliação de Múltiplos Objetivos. Apresenta-se o PIR e o EIA e, então, segue-se com a necessidade da tomada de decisão baseada na avaliação dos múltiplos objetivos econômicos e sócio-ambientais (externalidades). Têm-se, dessa forma, as considerações gerais, nas quais é introduzida a necessidade das *alternativas de PIR* que pressupõe também estudos de GLD (*análises por uso-final*), propondo-as como planejamento de um mercado livre de energia - setor energético re-estruturado brasileiro.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica, mostrando aspectos do uso das ferramentas de PIR, EIA e Avaliação de Múltiplos Objetivos. O desenvolvimento econômico e sócio-ambiental e a relação energia-sociedade-meio ambiente, são definidos, delimitados e argumentados.

O capítulo 3 desenvolve a metodologia denominada *Relatório PIR*, que gera *alternativas de PIR* estruturadas por um Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (GAIA) visando à tomada de decisão baseada na Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos (APMO).

O capítulo 4 faz um estudo de caso, denominado *Relatório PIR-RBPC*, pois propõe uma aplicação da metodologia do *Relatório PIR* por um decisor para a região das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba e Capivari (RBPC).

O capítulo 5 apresenta as conclusões deste trabalho.

O capítulo 6 apresenta as sugestões para trabalhos futuros.

## Capítulo 2

### Revisão Bibliográfica e Aspectos das Ferramentas do *Relatório PIR*

A revisão bibliográfica se inicia apresentando o conceito de desenvolvimento econômico e sócio-ambiental, e mostrando a necessidade do *Relatório PIR*, composto das seguintes ferramentas:

- I- o planejamento integrado de recursos (PIR) energéticos;
- II- os estudos de impactos ambientais (EIAs) que analisem os múltiplos indicadores econômicos, sociais e ambientais não avaliados na atualidade como p.ex. as externalidades<sup>7</sup> (geração de emprego, efeito estufa, etc.);
- III- a avaliação de múltiplos objetivos.

---

<sup>7</sup> As externalidades acontecem quando as atividades das unidades da economia (indústrias e consumidores) afetam a produção ou consumo de outras unidades, e quando o aumento dos benefícios ou custos nessas unidades não entram nos cálculos de ganho ou perda. A contabilização (monetização, p.ex., na moeda real - R\$) dessas externalidades dá origem aos custos externos marginais ou custos sociais e ambientais. O custo externo existe, quando prevalecerem as seguintes condições: uma atividade do agente  $\alpha$  causa uma perda de bem-estar para um outro agente  $\beta$ , e esta perda de bem-estar não é compensada, pois, se esta perda de bem-estar for compensada pelo agente causador da externalidade, o efeito é dito internalizado. Uma vez que eles não são transformados em preços, não são compensados pelo mercado privado (PEARCE et al., 1990).

Será demonstrado que essas ferramentas são úteis para um decisor encarregado de realizar um planejamento, p.ex. indicativo e regulador, das atividades do setor energético, de maneira a considerar os aspectos ambientais e sociais.

Este capítulo procura também definir o desenvolvimento regional e sua relação com a geração de emprego, com o efeito estufa e com a economia. Discutem-se as metodologias de planejamento energético e de avaliação de impacto ambiental, mostrando sua evolução, que busca cada vez mais introduzir novos indicadores ambientais e sociais em sua análise. Esses novos indicadores, externalidades, são o motivo pelo qual, no final do capítulo faz-se uma revisão das ferramentas de avaliação dos múltiplos objetivos.

## **2.1 - DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SÓCIO-AMBIENTAL**

Segundo a teoria econômica de PEARCE et al. (1990), o desenvolvimento sustentável envolve maximizar o benefício líquido ( $B_{liq}$ ) do desenvolvimento econômico, sujeito a manter os serviços e a qualidade dos recursos naturais ao longo do tempo, sendo que o desenvolvimento econômico e sócio-ambiental visa aumentos reais nas rendas *per capita* e também de outros elementos do bem-estar social.

Para fundamentar a necessidade de analisar o desenvolvimento econômico com as externalidades é necessário ter conhecimento do modelo político e econômico (paradigmas dominantes - Quadro 2.1) que predomina na sociedade brasileira e mundial.

Paradigma Econômico Clássico: baseado no mecanismo de mercado, nos limites físicos e no crescimento econômico de longo prazo segundo Adam Smith (1723-1790) em *Wealth of Nations* que diferencia os custos privados dos sociais; Thomas Malthus (1766-1834) que relaciona população com alimento (MALTHUS, 1909); David Ricardo (1772-1823) que estuda a população, o aluguel de terras e a estagnação econômica (RICARDO, 1926); e John Stuart Mill (1806-1873) que diferencia o PIB (produto interno bruto) do bem-estar (MILL, 1857).

Paradigma Marxista: baseado numa sociedade socialista segundo Karl Marx (1818-1883) que vê o trabalho mais importante que o capital (MARX, 1972).

Paradigma Neoclássico: substitui a preocupação com o trabalho pela preocupação relacionada à exaustão (p.ex. carvão), baseando-se na análise oferta-demanda (MEADOWS et alii, 1972).

Paradigma da Economia Pós-Guerra e Ambientalista: (mais conhecido por paradigma social dominante) passou de uma análise neoclássica dos objetivos ambientais para uma de economia ambiental, i.e., a eficiência econômica passa de uma análise oferta-demanda para uma de bens do não-mercado com otimização, análise marginal, avaliação de múltiplos objetivos, *Pareto*, etc. Os valores passam a ser intrínsecos da existência (direitos não-humanos), sendo independentes das pessoas e dependentes do comportamento das espécies e seus *habitats*. Dessa forma, é necessário compreender melhor as interações economia-ambiente.

*Quadro 2.1 - Paradigmas Dominantes.*

*Fonte:* (PEARCE et al., 1990).

O paradigma social dominante, que surgiu após o final da II Grande Guerra Mundial, tem sido bastante estudado pelas ciências sociais que mostram sua relação com as estruturas tradicionais de poder e segurança com blocos definidos de relações mundiais visando o lucro e o domínio da natureza, sendo baseado no capitalismo, definido pela competição econômica, destruição do meio ambiente e qualidade de vida (WEIL, 1994; IANNI, 1990; KUHN, 1978; MORIN, 1973).

Desde a década de 1970, não apenas pelo aumento dos preços dos derivados de petróleo bem como das outras fontes energéticas, houve um questionamento do modelo de desenvolvimento adotado até então, pois, além de afetar economicamente os países em desenvolvimento, também produzia os impactos ambientais globais e locais que eram (e são) uma restrição ao desenvolvimento (WCED, 1987).

Segundo MILBRATH (1989), desenvolvimento sustentável necessita que o capitalismo, que tem a ciência e tecnologia como um dos seus principais pilares, seja aliado a um tipo de auto-controle que pense na tecnologia não só no contexto social, econômico e político, mas também nos seus valores (ética...). Portanto, a sociedade que possui estrutura centrada na vida em um ecossistema viável tem de estar alerta para seus verdadeiros valores, tais como: justiça, compaixão, segurança e alta qualidade de vida inseridos em sistemas de saúde, de economia sustentável, de pesquisa e educação, de participação, de segurança, e num sistema legal, numa estrutura de conveniência e de recreação.

É necessário procurar por mudanças nesse paradigma social dominante, requerendo planejamentos governamentais que regulem o mercado, não só pelo motivo do perigo do aumento do preço dos combustíveis, mas porque o desenvolvimento econômico e sócio-ambiental é um aprendizado, tanto da educação ambiental formal, quanto da informal, sendo preciso pensar em longo período, planejando sistematicamente, criativa e integralmente (realizando pesquisa multidisciplinar com foco interdisciplinar) (MILBRATH, 1989).

Ainda segundo MILBRATH (1989), o planejamento governamental nada mais é do que um sistema de informação, assim como o do mercado, e contribuirá muito com a atual desestatização, pois a privatização deve ser regulada e planejada, já que o controle passa a ser mais importante que a propriedade. Não é uma questão de capitalismo ou socialismo<sup>8</sup> e nem de mercado ou

---

<sup>8</sup> O socialismo é definido como a teoria ou política da organização social que defende a posse e o controle dos meios de produção (capital, terra, propriedade, etc.) pela comunidade em conjunto, e a sua administração ou distribuição no interesse de todos (OXFORD, 1979). Segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV, 1986), essa é uma definição superficial e ambígua e, se interpretada literalmente, transmite noção deturpada das complexas acepções do termo.

planejamento, mas sim da agregação desses dentro de uma democracia. Portanto, é necessário tomar muito cuidado para não deixar tudo na mão do mercado, pois o planejamento governamental é imprescindível quando busca-se o desenvolvimento econômico e sócio-ambiental.

Defende-se aqui o desenvolvimento de um *Relatório PIR* que contribua com esse novo modelo de interdependência e bem-estar social, uma vez que atualmente já ocorrem mudanças no paradigma social dominante. Assim, segundo BERNAL-MEZA (1991) e NEPAM (1997), um contato cada vez mais estreito entre as organizações internacionais, não mais determinados pela territorialidade, apóia esse novo paradigma, num tempo no qual novos atores estão surgindo no panorama mundial, como as corporações multinacionais, os movimentos sociais e as políticas transnacionais.

Daí, a necessidade de um órgão regulador-planejador para o mercado capitalista, pois, ainda de acordo com BERNAL-MEZA (1991) e NEPAM (1997), apesar de ser o mercado um ótimo sistema para alocar bens e serviços, falha por:

- I- não antecipar planos futuros;
- II- não corrigir injustiças;
- III- não proteger de externalidades negativas;
- IV- sub-avaliar a natureza;
- V- não gerar bens públicos;
- VI- não restringir o crescimento ou gerar qualidade de vida.

Propõe-se, dessa forma, que se aliem a regulação e o planejamento indicativo (PIR<sup>9</sup>) ao mercado e a alguns conceitos do desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional, que observa melhor as relações sociais, como a geração de emprego, em função da economia e do meio ambiente.

---

<sup>9</sup> Define-se, neste trabalho, que o planejamento indicativo utilize da ferramenta de PIR, sendo, portanto, considerados um mesmo tipo de planejamento.

### 2.1.1 - Desenvolvimento Regional: a necessidade de relacionar a economia com a geração de empregos e com o meio ambiente (externalidades)

No debate em torno da análise de modelos de desenvolvimento sustentável, uma parte da literatura indica claramente a importância dos processos de descentralização administrativa (regionalização) na realidade contemporânea de um mundo globalizado (NEPAM, 1997; MORRISON, 1995; GHAI, 1995; FRIEDMAN, 1987; BUTTEL et al., 1980).

Segundo JERRETT et alii (1997) e BUTTON et al. (1989), é necessário ter em mente a importância da análise dentro de um âmbito regional, relacionando mais facilmente os múltiplos objetivos econômicos e sócio-ambientais (externalidades), como exemplifica a Figura 2.1.

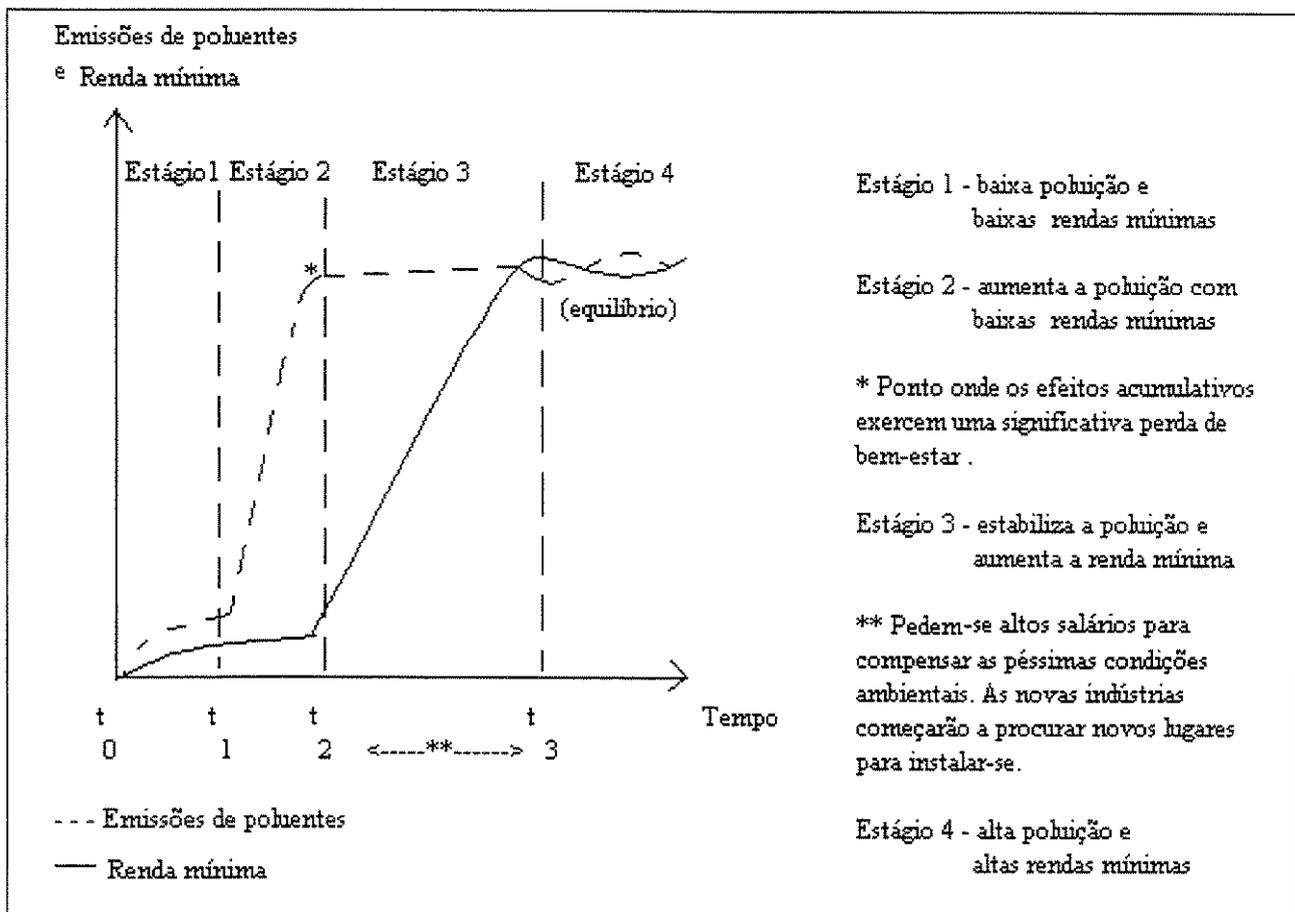


Figura 2.1 - Compensação do mercado à menor qualidade ambiental (custos sociais).

Fonte: (JERRETT et alii, 1997; BUTTON et al., 1989).

Existe uma relação forte entre o número de empregos gerados, a renda mínima (salário) e as emissões regionais, sendo, portanto, a geração de emprego um fator que deve ser tratado regionalmente, pois ainda varia segundo a idade, estado civil, etnia, classe social, qualificação e preparo para o setor industrial da sociedade local (GOULD et al., 1997).

A geração de empregos é um objetivo diretamente relacionado com a produtividade industrial e com o índice populacional e, as políticas ambientais não são regressivas, quando avaliadas com esse objetivo (BAE, 1997; BEATTY et al., 1997).

No contexto do desenvolvimento sustentável, o meio ambiente é um bem essencialmente público que só pode ser resguardado eficientemente por incisiva intervenção normativa, reguladora e promotora do Estado (VIOLA et al., 1992; PEARCE et al., 1990; DALY et al., 1989 e 1990; REPETTO, 1989; HOWE, 1979).

Segundo TURNER et al. (1993), uma política de proteção ambiental pode ser operada por:

- I- impostos sobre poluição, que são bons internalizadores dos custos sócio-ambientais (externalidades), e sinalizam aos consumidores os produtos poluidores;
- II- permissões de emissões (p.ex. MDL<sup>10</sup>), que dependem de tratado internacional;
- III- sistema de direito de propriedade com incentivos e agência reguladora, com um *staff* informado e com recursos para executar seus trabalhos (disponibilidade orçamentária).

As políticas públicas ambientais são necessárias tanto em nível regional quanto mundial, quando se trata p.ex. de emissões, como as de CO<sub>2</sub>, que produzem problemas globais de aquecimento da atmosfera terrestre (efeito estufa).

---

<sup>10</sup> Mecanismos de desenvolvimento limpo (CDM, *clean development mechanism*).

### 2.1.2 - Emissões regionais de CO<sub>2</sub> e o efeito estufa global: externalidade ambiental

A atividade econômica humana está causando concentração de certos gases (CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso, etc.) que tendem a re-emitir as emissões de calor da superfície da Terra. Teoricamente, aumentando suas concentrações na atmosfera, causam à superfície da Terra e à atmosfera mais baixa um aquecimento<sup>11</sup> - como uma estufa (PEARCE et al., 1990).

O efeito estufa é ligado diretamente ao consumo de energia e ao crescimento populacional, sendo processo atmosférico de aquecimento global que tem 60% do seu efeito induzido por humanos, i.e., pelo CO<sub>2</sub>. É um indicador ambiental que está sendo bastante discutido na atualidade, devendo, com certeza, fazer parte dos futuros planejamentos e EIAs<sup>12</sup> do setor energético, por envolver a queima de combustíveis fósseis que emitem CO<sub>2</sub> (CAVALIERO, 1998; QUEIROZ et al., 1997; PEDROSO, 1996; JANNUZZI et al., 1996).

Segundo PEARCE et al. (1990), muitas questões ainda não foram respondidas como p.ex. QUEM perderá ou ganhará com o efeito estufa. Mesmo assim, ainda segundo PEARCE et al. (1990), muitos cientistas concordam com o aumento do nível médio global do mar que:

- I- inundará regiões costeiras, causando doenças;
- II- causará tempestades (marés);
- III- afetará a produtividade regional agrícola;
- IV- uma espécie tentará beneficiar-se da outra, causando *stress*;
- V- causará custos econômicos e sociais, como p.ex. a mudança dos refugiados ambientais das costas inundadas pelo mar; etc.

---

<sup>11</sup> O aumento da temperatura e sua distribuição pelo globo terrestre são considerados incertezas (leva a uma vulnerabilidade ambiental e econômica), porque o clima é controlado por dois sistemas muito complexos, a atmosfera e os oceanos, que são interrelacionados. Porém, a maioria dos climatologistas parece concordar que é esperado nos próximos 100 anos um aumento incremental da temperatura na superfície da Terra de 2 a 5°C, caso as emissões de gases de efeito estufa produzidos por humanos dobrem no mesmo período (TURNER et al., 1993).

<sup>12</sup> Segundo SILVA (1994) o EIA no Brasil foi bem desenvolvido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - apêndice A).

Segundo KAMAL (1997) e TURNER et al. (1993), existem três políticas para combater o efeito estufa:

- I- A primeira é não fazer nada e esperar que a ciência e a tecnologia descubram formas de controlá-lo, sendo o espaço entre a emissão e o impacto muito caro e arriscado.
- II- A segunda é planejar uma adaptação ao efeito estufa, caso se considere que ele seja inevitável; porém, se os efeitos podem ser antecipados, suas escalas e dureza são incertas, o que também é caro.
- III- A terceira forma, e melhor, é a hipótese de que não existe tecnologia para combater o efeito estufa e que a saída é reduzi-lo prevenindo (mitigando) com programas de eficiência energética, substituição por fontes renováveis, etc.

O uso eficiente de energia, a sua conservação e outros programas de eficiência energética são necessários para um desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional não só pelos fatores financeiros (empréstimos do Banco Mundial, implementações conjuntas - *joint implementation*, etc.) mas também pela limitação dos recursos naturais e pela poluição ambiental. A convenção climática global do efeito estufa estipula que os países altamente emissores (Figura 2.2) estabilizem e reduzam suas emissões globais de CO<sub>2</sub>. Porém, sem uma política pública (governamental) ambiental nesses países, há pouca esperança de se atingirem as metas de redução de CO<sub>2</sub> (HUGHES et al., 1997; JANNUZZI et al., 1996).

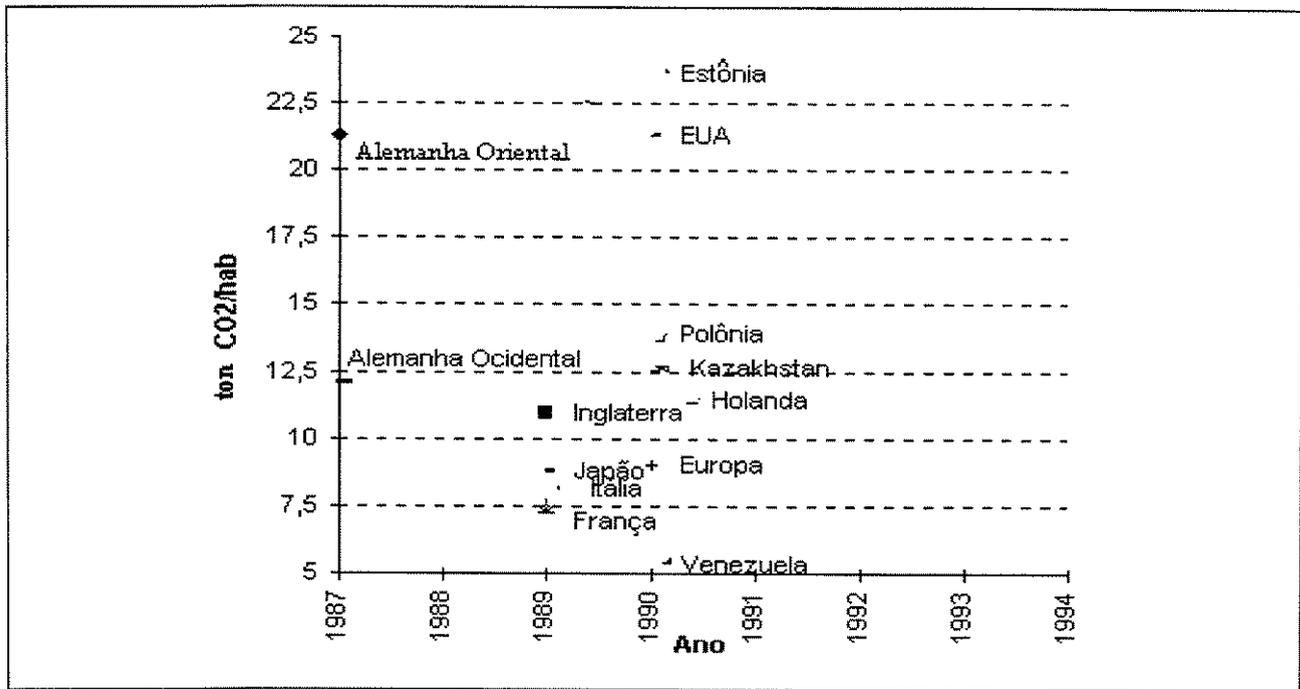


Figura 2.2 - Emissão per capita de CO<sub>2</sub> na Venezuela, Europa, Ásia e EUA.

Fonte: (JANNUZZI et al., 1996).

É preciso atingir as regulações das emissões de CO<sub>2</sub>, mantendo o crescimento econômico e, dessa forma, substituir as fontes energéticas por fontes mais limpas (solar, eólica, etc.) e também procurar a redução das emissões de CO<sub>2</sub> por via tecnológica (CONTRERAS et al., 1997).

Da mesma forma que nos países desenvolvidos, nos países em desenvolvimento é necessário ter-se boas *performances* de políticas públicas ambientais para se conseguir qualquer melhoria na qualidade ambiental, ao invés de se ficar esperando por mudanças dentro das estruturas econômicas ou tecnológicas (EKINS, 1997). Isso deve-se ao fato de que os países que emitem menores quantidades de CO<sub>2</sub> *per capita*, como mostra a Figura 2.3, possivelmente não terão exigências ambientais para conseguirem novos empréstimos internacionais (COOPER, 1997).

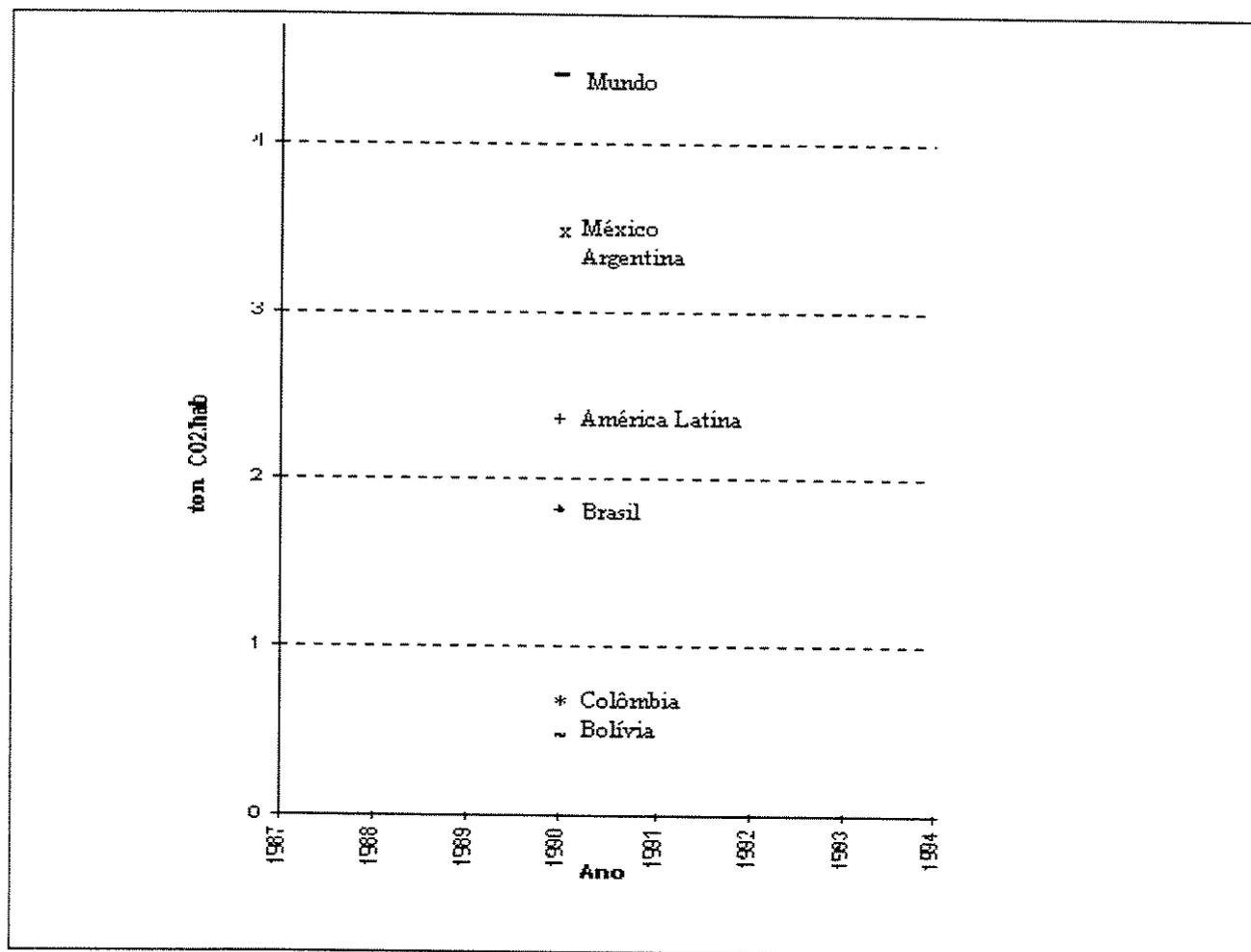


Figura 2.3 - Emissão per capita de CO<sub>2</sub> na América Latina e no Mundo.

Fonte: (JANNUZZI et al., 1996).

Como pode ser visto na figura 2.3, o fator ambiental é muito importante para o Brasil, que emite pouco CO<sub>2</sub> devido aos seus baixos consumos energéticos e também porque sua matriz energética envolve a hidroeletricidade e a cana-de-açúcar, i.e., energia renovável como o álcool automotivo, queima do bagaço, etc., que produz energia sem emitir CO<sub>2</sub>.

Quando se escolhe trabalhar com um espaço para uma nova política ambiental, é necessário trabalhar na área de políticas públicas regionais, urbanas e financeiras, como uma política energética e ambiental de *Relatório PIR*, que siga os critérios de um EIA com análise de múltiplos indicadores, inclusive financeiros (JONES, 1997).

Em 1987 a *Brundtland Commission* concluiu que o desenvolvimento sustentável integraria padrões ambientais nas políticas usuais, passando de um foco de gerenciamento ambiental fraco e periférico para uma fonte de política sócio-ambiental dos EIAs. Em 1992, a *Earth Summit* (ECO-92) confirmou a necessidade de integrar a proteção ambiental no processo de desenvolvimento, o que estabeleceu um programa de integração da contabilidade econômica e sócio-ambiental para uso nas políticas e planejamentos do desenvolvimento econômico e sócio-ambiental (BARTELMUS, 1996).

Segundo MAMMANA (1994), o componente ambiental é atualmente um condicionante importante dos novos financiamentos, pois possui um grande peso para o decisor, quando da liberação de empréstimos de órgãos multilaterais ou governamentais para viabilização de empreendimentos energéticos. Necessita-se que o EIA, em sua análise custo-benefício dos projetos energéticos, leve em consideração os custos sócio-ambientais (externalidades).

### **2.1.3 - A análise custo-benefício e o meio ambiente regional: avaliando externalidades**

A diferença entre custos públicos e privados<sup>13</sup> na análise custo-benefício é atribuída a Adam Smith embora tenha sido especificamente conceituada por PIGOU (1912 e 1920) e MARSHALL (1890). Em essência, o interesse está nas instâncias em que as ações de uma parte (agente) resultam em custos indesejáveis para uma outra parte. Nesse contexto, custos sociais e ambientais são aqueles que estão fora do espaço de decisão da pessoa que é responsável por aqueles custos. Essa noção de custos contornando a unidade de decisão que os criam explica o termo externalidades, que podem ser positivas (benefícios) ou negativas além de: técnicas, tecnológicas, pecuniárias, esgotáveis, não-esgotáveis, marginais, inframarginais, *Pareto* relevantes, etc. (BROMLEY, 1989).

---

<sup>13</sup> A diferença entre público e privado é importante para a internalização dos custos sócio-ambientais, pois existe diferença entre uma indústria química que polui um bairro residencial, e um recurso natural usado sem pagamento, sendo que o uso por um agente não reduz a quantidade disponível para outros (KULA, 1994).

Segundo BUCHANAN (1962), baseando-se no conceito de *Pareto*, uma ação política sem consenso unânime sugere que a escolha do conjunto de unidades de decisão foi alterado sem concordância ou compensação de todas as partes, o que é uma externalidade política.

Segundo TURNER et al. (1993), os economistas ambientais enfatizam as externalidades negativas - aquelas associadas com os resíduos gerados e depositados pelos sistemas econômicos - que não são eventuais e raros, mas sim inevitáveis e corriqueiros. Além do mais, aumentam sua significância com o desenvolvimento econômico (industrialização e apoio a grandes populações), e reduzem a capacidade do ambiente em recebê-las e assimilá-las (aumentando o esgotamento), embora aumente o valor de tais recursos naturais. De um ponto de vista teórico, mostra-se também que a capacidade do ambiente em assimilar os resíduos é escasso, e o mecanismo de mercado não pode estar livre dos efeitos das externalidades, a menos que:

- I- o material e a energia atraiam uma economia via atividade de produção com resíduo (100% de eficiência de reciclagem), e toda a produção final seja totalmente destruída pelo consumo;
- II- os direitos de propriedade cubram todos os bens ambientais relevantes, colocando-os numa propriedade privada e permitindo que sejam trocados em mercados competitivos.

A condição (I) contraria a lei da Física Fundamental (Termodinâmica) de conservação de massa e energia, e a condição (II) é impossível ou impraticável, dadas as características de muitos bens ambientais. Desde que a essência das questões ambientais é a de que elas envolvem inevitabilidade, entre outras coisas, externalidades são bens do tipo público, uma vez que não se acredita que o mecanismo de mercado proponha níveis eficientes de bens e serviços ambientais (TURNER et al., 1993).

Com a globalização, as reestruturações e as privatizações, i.e., as mudanças no mercado econômico, observa-se não só um aumento do lucro das empresas e da produtividade, mas também se espera um grande aumento na rede de indústrias de pequeno porte, como p.ex. as pequenas gerações descentralizadas de energia (CHO, 1997).

Essas mudanças no mercado estão diretamente ligadas ao meio ambiente global, pois, geralmente, quanto mais altos os custos sócio-ambientais, i.e., as externalidades, maior será a qualidade da política ambiental a ser conduzida, porque uma alta externalidade compensará o alto valor do bem-estar da sociedade. Caso esses valores sejam baixos, i.e., caso sejam disponíveis tecnologias de abatimento ambiental não tão eficazes, menor será a qualidade da política ambiental, o que significa uma fraca (ou nenhuma) intervenção estatal na proteção ambiental (VERHOEF et al.,1997).

Essas mudanças no mercado podem ter conseqüências evidentes, principalmente no âmbito regional, pela falta de atração ao capital privado, pois as pequenas cidades podem depender de altos níveis de investimento e intervenção estatal. Assim, a base econômica desses lugares, que é estatal e necessita de subsídios do Estado para o desenvolvimento, também deverá ser preservada regionalmente, uma vez que se deverá buscar diretamente o investimento estrangeiro (CONRADSON et al., 1997; CHUDNOVSKY et al., 1997).

A experiência dos EUA e Canadá, que contabilizam as externalidades, mostra que os custos das emissões no setor energético têm pouco efeito nos programas de eficiência e GLD, mesmo sob uma estrutura de planejamento regulamentada (HASHEM et al., 1994).

A preocupação de tentar-se quantificar os impactos ambientais e sociais dos projetos de expansão do setor energético em todo o mundo tem crescido bastante desde a década de 1970. Um modo de consegui-lo é estimando-se e, na medida do possível, internalizando os custos correspondentes, custos sociais e ambientais (BAJAY et alii, 1996b). A contabilização é feita algumas vezes com razoável precisão e outras vezes não, necessitando-se de avaliação de múltiplos objetivos - externalidades (BAJAY, 1997b).

## 2.2 - PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E PIR: OPORTUNIDADE PARA INCORPORAR AS EXTERNALIDADES (MÚLTIPLOS INDICADORES SOCIAIS E AMBIENTAIS)

O PIR foi desenvolvido dentro do contexto norte-americano dos monopólios das companhias elétricas privadas, reguladas em nível estadual e federal. Atualmente o contexto do PIR está se ampliando, pois já vem sendo aplicado em outras áreas, como o setor do gás natural, serviços de abastecimento de água e até serviços de saúde (JANNUZZI et al., 1997a).

Para o setor elétrico dos EUA, a legislação PURPA (*public utilities regulatory policies act* de 1978) organizou o desenvolvimento da produção de energia por produtores independentes, promovendo a conservação de energia, o uso eficiente da capacidade existente e impondo tarifas razoáveis para os consumidores (SWISHER, 1994; WEIL, 1994).

O planejamento elétrico tradicional, segundo a Figura 2.4, projeta a expansão da carga e procura expandir os recursos de oferta com o propósito de atender ao crescimento da demanda futura com segurança, minimizando os custos econômicos.

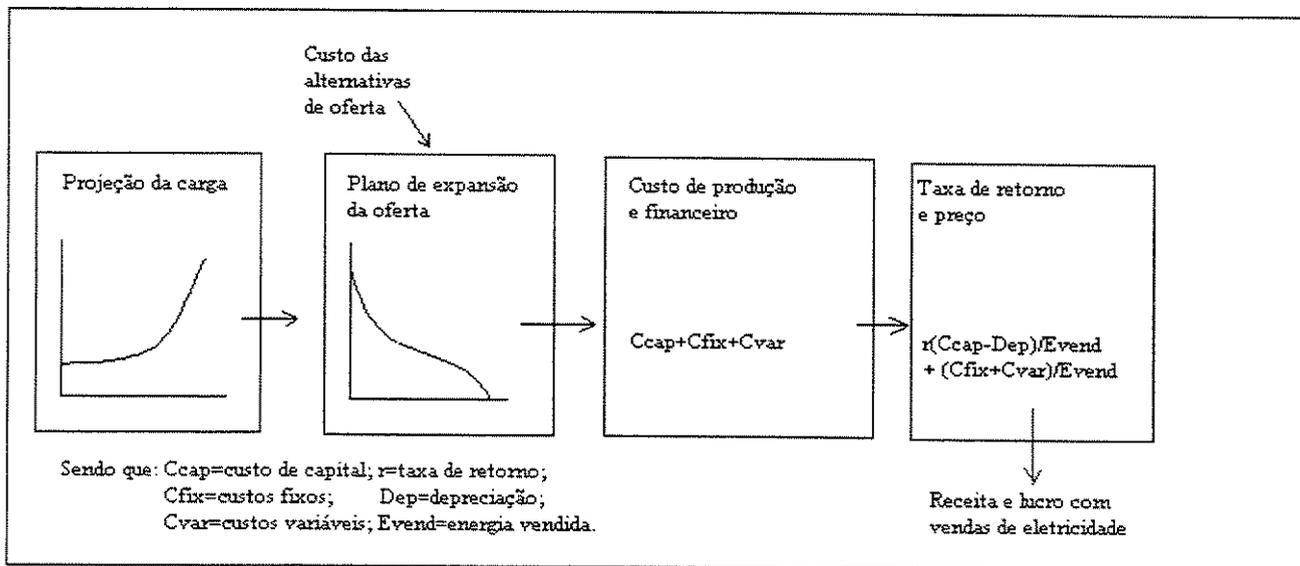


Figura 2.4 - O modelo tradicional de planejamento elétrico a custo mínimo.

Fonte: (JANNUZZI et al., 1997a).

No caso do setor elétrico brasileiro, esse modelo tradicional planeja a expansão da oferta, basicamente de aproveitamento hídrico e de longo período (30 anos), visando a atender ao consumidor no futuro com custo mínimo e qualidade de serviço. O objetivo do planejamento da expansão de sistemas hidrotérmicos de potência é determinar o incremento da capacidade de geração e da capacidade de transmissão desses sistemas de modo a atender à demanda prevista de energia elétrica ao longo do período de planejamento, minimizando os custos de investimento, operação e manutenção, com um dado nível de confiabilidade do suprimento e sujeito a restrições sociais, financeiras, políticas e ambientais (BAJAY et alii, 1996a).

Diferentemente do planejamento tradicional, o PIR verifica como se interfere na evolução da demanda de energia, com substituição tecnológica ou conservação de energia (Figura 2.5 de UGAYA (1996)), inserindo essas opções no planejamento de expansão apresentado anteriormente na figura 2.4.

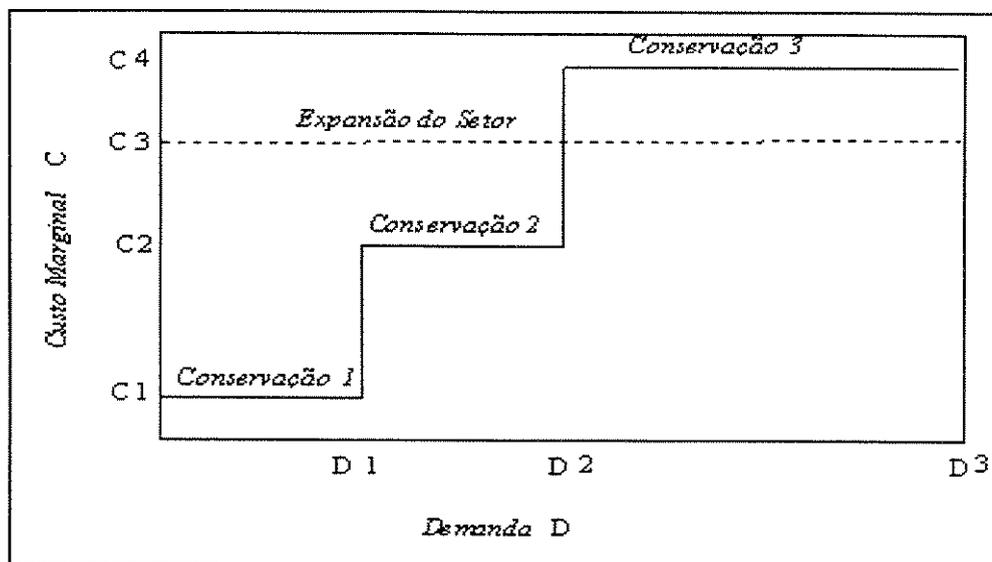


Figura 2.5 - Curva de custo - suprimento - conservação de energia.

Fonte: (UGAYA, 1996).

O GLD fornece dados concretos para a tomada de decisão no âmbito regional que podem influenciar na adoção de padrões de consumo de energia mais apropriados para minimizar os problemas ambientais (JANNUZZI et alii, 1993). Dessa forma, o PIR integra uma gama mais ampla de opções tecnológicas, incluindo tecnologias para a eficiência energética e a gestão da carga, assim como geração descentralizada e os já incluídos na legislação nacional, autoprodutores e produtores independentes, resultando, segundo JANNUZZI et al. (1997a), num planejamento do tipo mostrado na Figura 2.6.

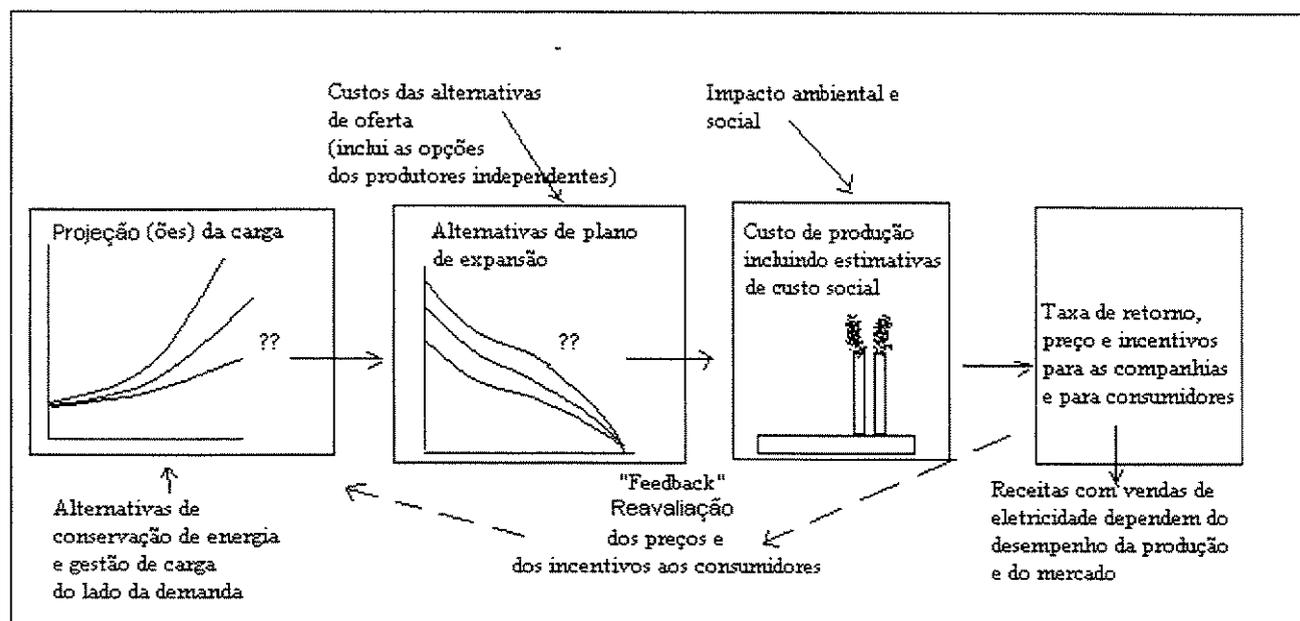


Figura 2.6 - Um modelo de PIR de custo mínimo.

Fonte: (JANNUZZI et al., 1997a).

O PIR pode ser feito pelas empresas de modo a obter um planejamento de mínimo custo, ou pode ter um caráter governamental, p.ex., ambiental ou social, promovendo desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional. No setor elétrico do Brasil, a tendência à desestatização poderá acentuar as vantagens dos recursos descentralizados, diminuindo o horizonte de tempo para planejar e aumentando o risco das grandes usinas, que podem ficar ociosas. Dessa forma, apesar do atual processo brasileiro de desestatização, um PIR de caráter governamental com vistas à proteção da sociedade e do meio ambiente torna-se imprescindível (JANNUZZI et al., 1997a).

Segundo FERREIRA et al. (1997), existem várias limitações e controvérsias associadas à incorporação das externalidades no PIR nos EUA, tais como:

- I-* considerar só as emissões atmosféricas, raramente levando em conta os resíduos sólidos, os efluentes líquidos, o uso da terra e o da água;
- II-* não considerar, no planejamento, as usinas existentes que apresentam impacto ambiental maior que as em planejamento, sendo que essas velhas usinas seriam mais exigidas caso não se construíssem as novas;
- III-* contabilizar só as usinas elétricas, não o fazendo com todo o sistema energético;
- IV-* não contabilizar as perdas de mercado, devido às altas tarifas que causam a realocação física das empresas para estados ou regiões sem restrição ambiental.

O PIR possibilita às empresas energéticas e ao órgão regulador ou planejador do respectivo serviço público avaliação consistente de uma ampla gama de recursos, tanto do lado da oferta como da demanda, capazes de satisfazer às necessidades energéticas dos consumidores de forma eficiente. Nesse tipo de planejamento analisa-se, de forma explícita e equitativa, um grande número de opções de suprimento e de ações sobre a demanda, tenta-se internalizar os custos sociais e ambientais (externalidades) associados às diferentes opções, incentiva-se a participação do público interessado no planejamento dos recursos disponíveis e efetua-se uma avaliação dos riscos e incertezas oriundos de fatores externos ao exercício de planejamento, como também daquelas decorrentes das opções analisadas (BAJAY et alii, 1996b; BCUC, 1993).

A Figura 2.7 de HIRST (1992), resume as principais atividades envolvidas num PIR que busca um consenso na preparação e avaliação dos planos de expansão das empresas concessionárias.

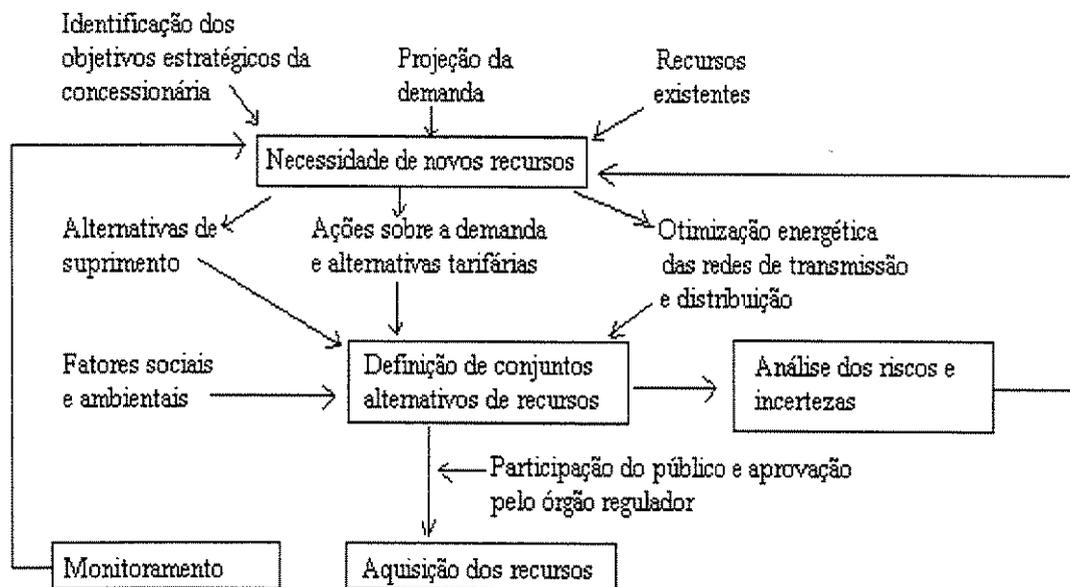


Figura 2.7 - Principais atividades envolvidas no PIR.

Fonte: (HIRST, 1992).

Os fatores sociais e ambientais começam a exigir o suprimento das necessidades de energia da população de modo mais barato e com menor impacto ambiental; daí, surge o contexto do PIR que integra a avaliação das externalidades à avaliação econômica e técnica da melhoria da eficiência energética nas mesmas bases da expansão da oferta (HASHIM et al., 1994).

O PIR diferencia-se do planejamento tradicional no tipo e na quantidade dos recursos considerados, na participação real dos proprietários e não-proprietários dos recursos, dos órgãos envolvidos no plano dos recursos e nos critérios das seleções das alternativas (UDAETA, 1997). O PIR também se destina a uma análise regional, o que melhor avalia a qualidade de vida local (BAJAY et alii, 1996a).

Apesar da desregulamentação do setor energético dos EUA, do Canadá e de alguns países da América Latina (o que leva à discussão da viabilidade do PIR), existem países sul-americanos que ainda terão monopólios privados e necessitarão de um PIR que poderá ser mantido no âmbito de um órgão regulador-planejador regional ou federal como um indicador (sinalizador) de investimentos, mitigando os problemas sociais e promovendo desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional. Regulação e planejamento deverão ocorrer, mesmo com um mercado livre, aberto e competitivo (SWISHER et al., 1997).

A expectativa é a de que os empreendimentos que forem realmente competitivos (cogeração de biomassa, de gás natural, etc.), poderão ser viabilizados. Seus empreendedores terão condições de melhor explorar o mercado. A produção independente e a autoprodução são possíveis. É conveniente que só os empreendimentos competitivos sejam viabilizados. Evidentemente, para que possam ser alcançados os resultados esperados, o órgão regulador-planejador do setor energético terá papel chave (WALTER et al., 1997; WALTER, 1994; SILVEIRA, 1994; RODRIGUES, 1995; SALES, 1992).

Segundo JANNUZZI et al. (1997a), o PIR surge, porque o planejamento moderno do setor energético necessita contemplar múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais (externalidades), sendo metodologia completa, uma vez que também considera tanto os recursos convencionais quanto os alternativos (renováveis, ambientais, etc.).

Os indicadores econômicos e sócio-ambientais (externalidades) exigem uma avaliação de impacto ambiental mais profunda. A próxima seção apresenta a evolução dos EIAs ao longo das últimas décadas, mostrando os atuais conceitos, que incluem tanto os objetivos contabilizáveis, quanto os não.

### 2.3 - EIA: A EVOLUÇÃO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM BUSCA DA INCORPORAÇÃO DE NOVOS INDICADORES SÓCIO-AMBIENTAIS (EXTERNALIDADES)

Os EIAs norte-americanos basicamente surgiram na década de 1950, pela necessidade da intervenção pública para regulamentar os aspectos ambientais e territoriais que o mercado não controlava automaticamente. Nas décadas de 1980 e 1990<sup>14</sup>, houve a incorporação, por diversos países, tanto por exigência legal quanto por manifestação voluntária, da atividade de EIA nos planejamentos energéticos existentes. A incorporação se deve tanto pela facilidade de adaptação desses EIAs aos esquemas institucionais diversos, quanto por atender simultaneamente aos requisitos técnicos e políticos (COLORNI et al., 1987).

Posteriormente, têm-se as análises de impacto social, porém o meio ambiente continua sendo apenas citado nesses EIAs, sem um devido acompanhamento dos índices ambientais durante o desenvolvimento dos projetos (MILBRATH, 1989).

Inicialmente os EIAs, desenvolvidos por exigência legal antes do início da construção das grandes obras de expansão de oferta de energia, eram basicamente de análise custo e benefício, assim como a expansão do setor energético era baseada no custo mínimo. O EIA de análise custo-benefício é basicamente um problema de tomada de decisão com maximização de um benefício líquido ( $B_{liq}$ ), que é a diferença entre todos os benefícios e todos os custos como mostra a Equação 2.1 (ENI, 1994).

$$\text{Max } [B_{liq}] = \text{Max } [ \sum \text{benefícios} - \sum \text{custos} ] \quad \text{[Equação 2.1]}$$

---

<sup>14</sup> Segundo COLORNI et al. (1987), grande parte desses EIAs feitos nas décadas de 1980 e 1990 não eram avaliações mas sim levantamentos com dispendiosas buscas de dados que previam os efeitos sobre o ambiente natural e sócio-econômico dos projetos em discussão. Além do mais, esses EIAs passaram a ser questionados quanto à sua adequação como instrumento de tomada de decisão, já que implementavam projetos com efeitos adversos sobre a saúde, bem-estar e segurança da população e do meio ambiente.

Porém, segundo ENI (1994), em muitos problemas reais é difícil aplicar a técnica porque:

- I- o problema envolve grupos sociais diversos que não podem e não desejam ser considerados iguais;
- II- entre os benefícios e os custos existem alguns que dificilmente são determinados;
- III- entre os benefícios e os custos existem alguns que muito dificilmente são avaliados em termos monetários.

Dessa forma, a tomada de decisão tem uma influência quase nula nesse caso, pois o decisor (engenheiro, economista...) fecha-se numa sala, faz os cálculos de  $B_{liq}$ , confronta as alternativas e escolhe aquela de maior  $B_{liq}$  (LANIADO, 1991).

Essa análise custo-benefício foi aprofundada, como mostra a Figura 2.8, numa análise custo-receita, sendo que, segundo ENI (1994), a receita diferencia-se do benefício por envolver o trabalho empregado, o custo da terra e de capital.

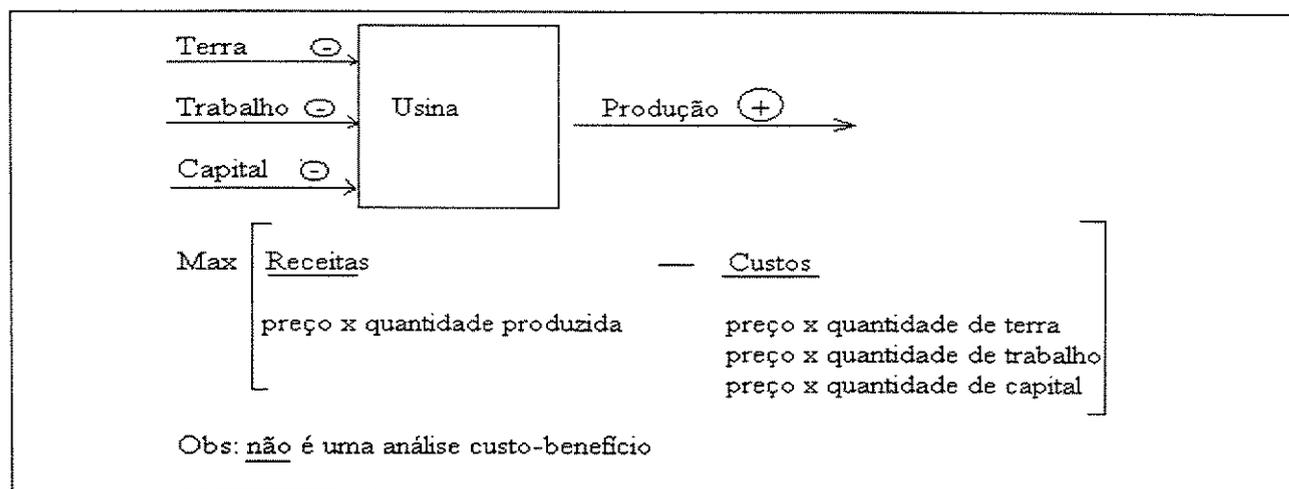


Figura 2.8 - Análise custo-receita.

Fonte: (ENI, 1994).

A análise do setor privado é diferente da do setor público, pois nesse último é necessário haver a substituição dos custos e receitas privados pelos sociais, portanto sendo uma análise do custo e benefício social, como exemplifica a Figura 2.9 (ENI, 1994).

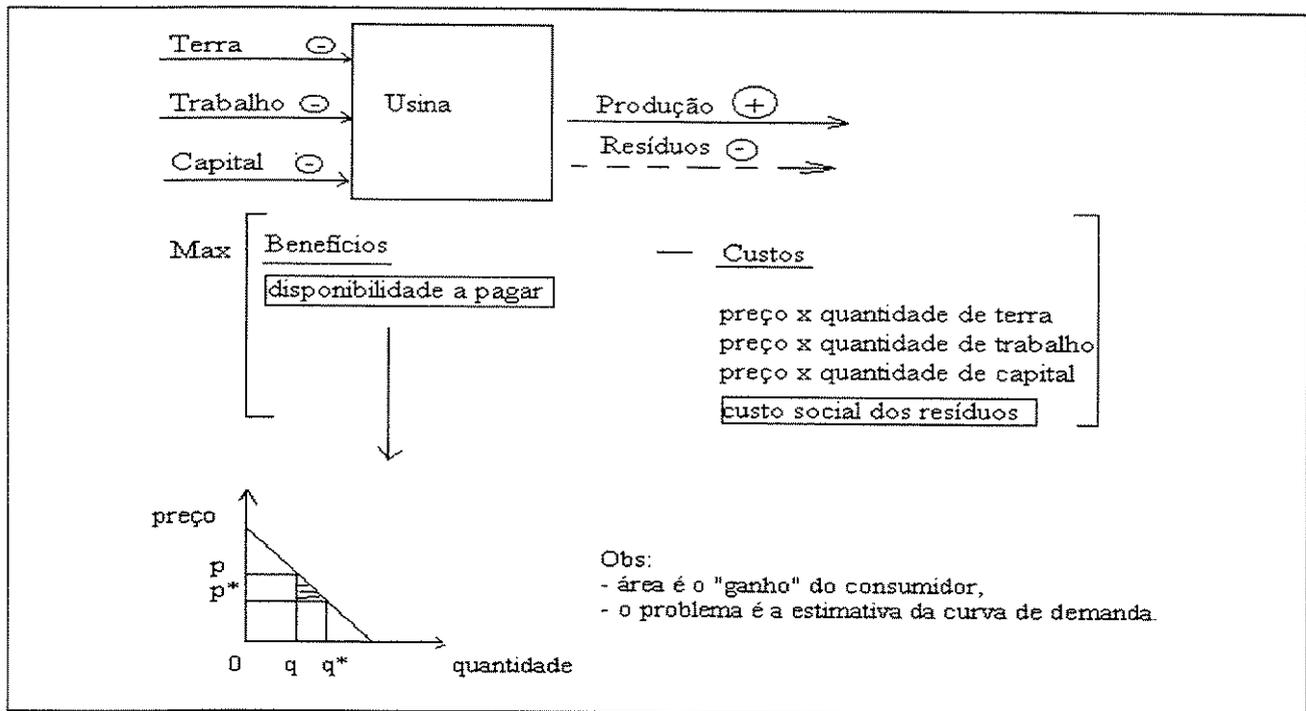


Figura 2.9 - Análise custo-benefício social.

Fonte: (ENI, 1994).

Caso o consumidor possua disponibilidade a pagar (WTP) maior (no gráfico da figura 2.9 é o valor de  $p$ ), tem-se menor quantidade de produção ( $q$ ) com conseqüente menor quantidade de resíduos e de custo social. Porém, caso o consumidor escolha pagar menos ( $p^*$ ) e obter maior quantidade de produção, a área de ganho do consumidor (triângulo tracejado) leva a um aumento dos resíduos e conseqüente aumento do custo social (externalidade).

Numa tentativa de superar as dificuldades dessas análises anteriores basicamente de custo-benefício e receita, surge para o órgão regulador norte-americano, na década de 1960, a análise da atratividade econômica. Como exemplo, a Equação 2.2 apresenta uma formulação de uma minimização de custos ( $C$ ) variando apenas com os bens quantificáveis ( $W$ ), sendo que os bens qualitativos e/ou ambientais ( $z$ ) entram apenas nas equações de restrição ( $P$  e  $Q$ ) que estão vinculadas a uma emissão máxima ótima ( $Q^*$ ) dada pelo órgão regulador (ENI, 1994).

$$\text{Min } C(W)$$

[Equação 2.2]

$$P(z, W) = 0$$

$$Q(z) \leq Q^*$$

sendo que o objetivo é um vínculo, pois  $Q^*$  é fixado por órgão regulador.

Dessa forma, retiram-se os objetivos não contabilizáveis (externalidades) da função objetivo e se inserem como vínculos, que também são conhecidos por restrições ou padrões ambientais. Mas essa é uma estratégia subótima, pois possui problemas tais como: fixar o vínculo; fazer respeitar o vínculo; saber se é uma solução que satisfaz<sup>15</sup> (ENI, 1994).

Os problemas a serem sanados são:

- I- a contabilização das externalidades, que associa custos sociais e ambientais, a construção da curva de demanda e a busca da melhor taxa de desconto na análise custo-benefício e receita;
- II- as críticas quanto a esconder os conflitos, a pureza da eficiência econômica e a rigidez da solução na análise da atratividade econômica (ENI, 1994).

Com os questionamentos ambientais e territoriais, esse tipo de EIA foi completado com alguns métodos de avaliação de impacto ambiental como os apresentados no Quadro 2.2.

---

<sup>15</sup> Pois respeitando o vínculo, pode-se escolher um projeto que custa menos, mas que ainda é mais prejudicial ao meio ambiente ou à sociedade em relação a outro projeto também respeitador do vínculo, um pouco mais caro, mas que não é tão prejudicial (ENI, 1994).

Método de Leopold: Foi um dos primeiros métodos desenvolvido para o serviço geológico do Ministério do Interior dos EUA. É conhecido como matriz de Leopold, por constituir-se num quadro de dupla entrada no qual em um dos eixos tem as ações que alteram o meio ambiente, e no outro, os fatores ambientais suscetíveis de alteração. Em cada quadrícula em que haja inter-relação são colocados dois números, um superior, referente à magnitude da alteração, e outro inferior, que se refere à importância que se dá ao fator. A variação da magnitude do efeito é de 1 a 10, sendo 1 para a mínima alteração e 10 para a máxima. Esses números são positivos (+) quando os efeitos também o são (benéficos).

Método de Battelle: Esse método para avaliação de efeitos ambientais de aproveitamento de recursos hídricos pode ser empregado também para outros tipos de projetos. O método possui quatro níveis de informações: ecológico, poluição, aspectos estéticos e aspectos humanos. Para ajustar a importância de cada parâmetro, esse método introduz a unidade de impacto ambiental (UIA). A aplicação desse método compara as condições "com o projeto" com a situação "sem o projeto", resultando na avaliação do empreendimento. Pode-se empregar esse método para várias alternativas de projeto, optando-se pelo que for de menor impacto.

Método de Simulação: A avaliação de impactos ambientais por instalação de indústrias são passíveis de estimativas teóricas pela aplicação de modelos matemáticos de dispersão de poluentes. O mais antigo desses modelos é o denominado de *Streeter & Phelps*, que avalia a concentração de oxigênio dissolvido (O.D.) num curso de água a partir de um lançamento de efluente líquido de características conhecidas, como conhecidas as características do curso de água. O cálculo do O.D. e da D.B.O. (demanda biológica de oxigênio) são efetivados pelo uso das equações de *Streeter & Phelps*. No caso de dispersão na atmosfera, os modelos de maior utilização são os de *Pasquill Gifford* do tipo Gaussiano.

*Quadro 2.2 - Métodos de avaliação de impacto ambiental.*

*Fonte:* (SOLTERMANN, 1995).

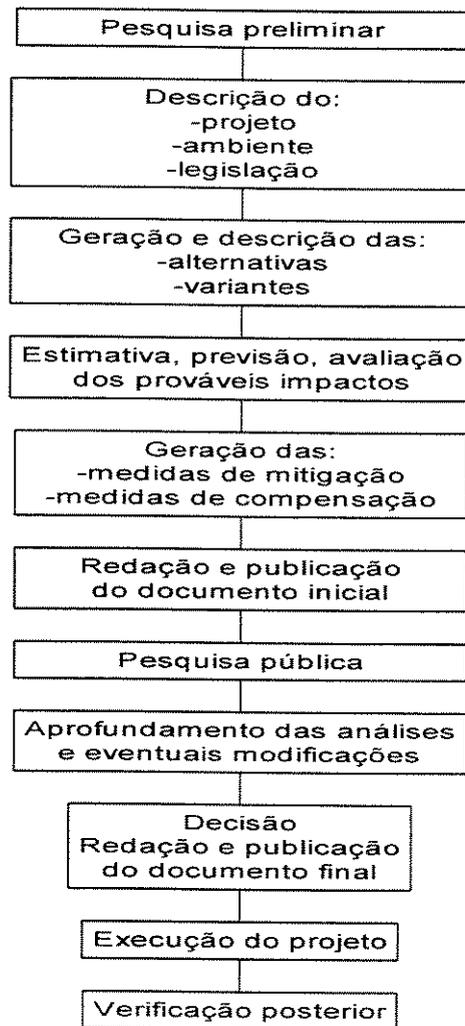
Segundo JANNUZZI et al. (1997a), os fundamentos do planejamento tradicionalmente dominante e desses EIAs, feitos até meados da década de 1970, foram colocados em xeque devido:

- I- ao meio ambiente;
- II- à constatação das possibilidades técnicas de continuar-se a oferecer os serviços necessários dependendo de menores quantidades de energia;
- III- à descoberta de que o crescimento econômico não está necessariamente atrelado ao maior consumo energético.

As novas estratégias de crescimento econômico e de desenvolvimento regional, para serem viáveis, têm de levar em consideração o meio ambiente como condição presente e futura nos EIAs. Dessa forma, um novo modelo de EIA deve ser analisado segundo possíveis benefícios econômicos, sociais e ambientais (externalidades) que possam trazer para uma determinada região novas oportunidades de negócios e geração de empregos (QUEIROZ, 1994).

Portanto, é necessário estimular o desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional, priorizando a conservação de energia e o meio ambiente, com a possibilidade de implementação dos planos em instrumentos políticos como as novas políticas energéticas e ambientais tipo EIA, com análise de múltiplos indicadores, etc. Por fim, e não menos importante, é necessário insistir no julgamento político visando à segurança, à saúde e ao meio ambiente, quando da realização dos EIAs. Os decisores, assim como os juizes que analisam as causas de agressão ao meio ambiente, devem diferenciar as decisões técnicas da vontade do povo (ECON, 1997a; ECON, 1997b).

O *Relatório PIR* deve ser baseado nos conceitos de um EIA e deve possuir posição preventiva, antecipada ao projeto, com presença de projetos alternativos (*alternativas de PIR*), de indicadores conflitantes (múltiplas externalidades), com uma subjetividade na avaliação (ponderada com maiores pesos para os principais objetivos), com uma integração entre os aspectos técnicos e os aspectos de procedimento, e com uma participação no processo de tomada de decisão, como propõe o Fluxograma 2.1 de LANIADO (1991).



*Fluxograma 2.1 - Procedimento do Relatório PIR nos conceitos de um EIA.*

*Fonte: (LANIADO, 1991).*

Verifica-se, pelo fluxograma 2.1, a necessidade de uma pesquisa preliminar inicial, na qual se decide fazer ou não o *Relatório PIR* para um determinado projeto, e, se sim, com quais características. Segue-se o processo com as fases de descrição e os vínculos legais. A fase de geração e descrição das alternativas e variantes é muito importante, pois ela decide por manter um projeto poluidor com um investimento na recuperação posterior ou escolher antecipadamente outro projeto para sanar o problema estudado. Após alguns estudos técnicos é necessário fazer um *Relatório PIR* parcial, que é colocado à disposição do público por certo período de tempo. Com novas observações, pesquisas de modificação, críticas, etc., refaz-se o projeto aprofundando-o no seu todo e publica-se a versão final.

Entretanto, o planejamento não se encerra nessa publicação final, sendo necessária a fase de monitoramento e verificação posterior, pois qualquer dado diferente da estimativa deve ser acompanhado de um instrumento de verificação das conseqüências.

O *Relatório PIR* aqui proposto gera *alternativas de PIR* para um determinado problema energético-ambiental-social, as quais seguem os conceitos de um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e sócio-ambientais (externalidades) que deverão ser acompanhados passo a passo no desenvolvimento do projeto. Essa metodologia, que inclui *alternativas de PIR* estruturadas como um EIA, é complementada pela avaliação desses múltiplos objetivos contabilizáveis ou não, em função da política de desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional.

#### **2.4 - AVALIAÇÃO DOS MÚLTIPLOS OBJETIVOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS (EXTERNALIDADES)**

As principais características dos problemas complexos que os seres humanos enfrentam no mundo de hoje são multidimensionais e envolvem múltiplos objetivos. São de grande escala e possuem objetivos conflitantes e não-mensuráveis, como os ambientais, sociais, técnicos e alguns estéticos (SEO et al., 1987).

Para explorar a difícil tarefa de estabelecer relações de causas e efeitos nos ambientes ou locais, de maneira analítica e quantitativa, criou-se (na ecologia ou adaptou-se de outras áreas de conhecimento) uma série de procedimentos estatísticos e exploratórios, os quais são conhecidos em seu conjunto como tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos<sup>16</sup>. Seu objetivo é reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção das principais relações de similaridade, associação e correlação entre as variáveis (NEPAM, 1997; JONGMAN et al., 1995; MANLY, 1994; PIELOU, 1984; GAUCH, 1982).

---

<sup>16</sup> Multiobjetivo, *multi-objective*, *multiple criteria*, multicritério ou multivariadas são as formas de denominação das avaliações ou análises de diversos objetivos de diferentes áreas, p.ex., economia, meio ambiente, sociedade, etc.

A tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos vem sendo desenvolvida desde a década de 1970, porém ainda não se encontrou estrutura conceitual desse procedimento. Ela tem o objetivo de resolver o problema da avaliação teórica dos bens públicos, pois o mecanismo de preço de mercado somado ao uso eficiente dos recursos não funciona bem como índice de avaliação para o planejamento com falha de mercado (*market failure*). Esse campo avançou desde o final da II Guerra Mundial, com novos problemas sociais, psicológicos e ambientais, declínio da taxa anual de produtividade, deterioração dos recursos naturais, aumento da demanda de energia, má distribuição de renda, poluição ambiental, urbanização, dissolução da sociedade tradicional e assim por diante (SEO et al., 1987).

Os fundamentos da tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos são viáveis para planejamentos administrativos e regionais, e, ainda segundo SEO et al. (1987), existe a exigência de duas fases:

- I- a primeira analítica, com modelos quantitativos de programação e otimização matemática com múltiplos objetivos;
- II- e a segunda, de julgamento, pela análise de decisão com múltiplos objetivos numa representação numérica subjetiva.

No contexto da tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos, a otimização significa encontrar o melhor compromisso entre os objetivos. Por exemplo, se o custo e a emissão são minimizadas separadamente, serão obtidos diferentes tipos de propostas de geração de energia elétrica, porque as unidades de geração seriam ordenadas de acordo com os custos de geração e com os coeficientes de emissão, respectivamente. Existe uma relação de troca (*trade-off*) entre os objetivos e é possível obter uma solução que atinja todos os ótimos individuais simultaneamente (solução ideal). O compromisso entre os objetivos é definido como o desvio do ótimo individual, sendo este a distância da solução ideal (CHATTOPADHYAY et al., 1994; ZELENY, 1982). As incertezas nos objetivos analisados aparecem com muitas especialidades tratadas, com previsões econômicas e sociais de longo prazo, com a natureza abstrata de algumas

informações subjetivas e com a heterogeneidade de dados utilizados em alguns modelos de análise (HADDAD, 1993).

A principal atenção está no decisor ou grupo de decisores. Portanto, é bom ter claro que a tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos é uma proposta apresentada por uma ou mais pessoas sujeitas a uma análise de legitimidade (sua cultura, seu meio, seus procedimentos, sua compreensão, sua propensão aos outros, sua adaptabilidade ao futuro...). Portanto, é necessário ter atenção com o domínio cultural ao tomar-se uma decisão (SEO et al., 1987).

Ainda segundo SEO et al. (1987), a interpretação do problema e as responsabilidades dela decorrentes devem ser baseadas na diferença cultural, assim como é necessário conhecer a estrutura hierárquica do comportamento humano, como mostra a Figura 2.10.

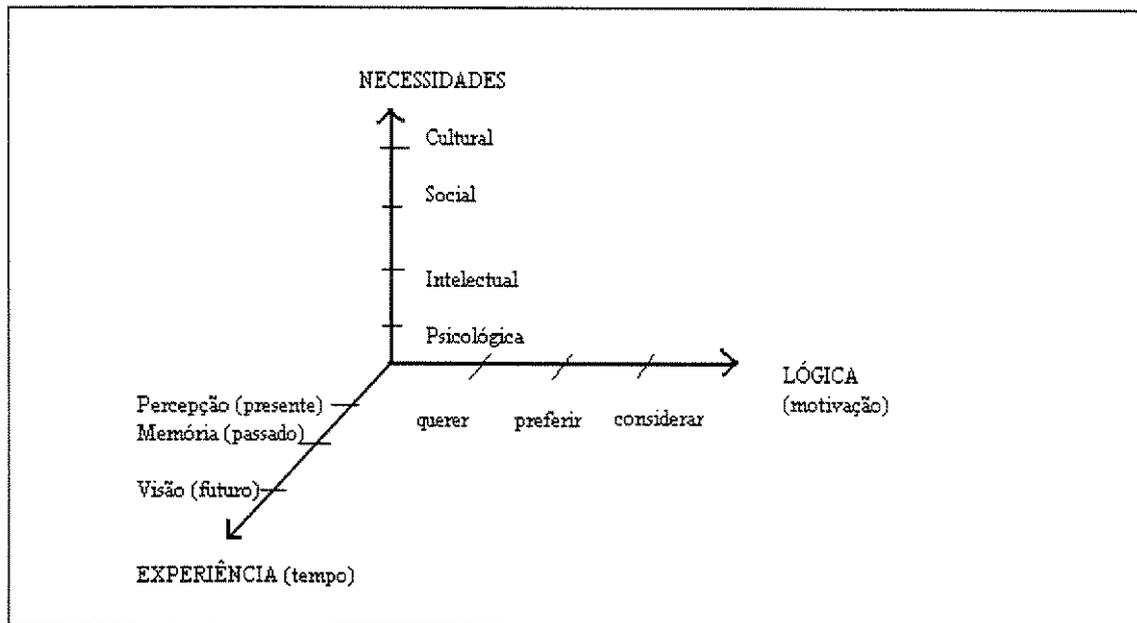


Figura 2.10 - Diagrama morfológico da hierarquia do comportamento humano.

Fonte: (SEO et al., 1987).

O comportamento humano considera a experiência ao longo do tempo; busca a necessidade cultural, social, intelectual e psicológica e; motiva-se com a lógica da consideração, preferência e do querer.

A tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos é o principal campo da análise de sistemas que trata dos problemas complexos que estão surgindo na sociedade moderna devido à alta tecnologia e rápida mudança na vida humana. O potencial das ferramentas de avaliação dos múltiplos objetivos como instrumento de tomada de decisão para a pesquisa interdisciplinar, especialmente em questões ambientais, é muito grande, contribuindo na elucidação de aspectos ou sugerindo processos que não seriam percebidos por tratamentos descritivos mais conservadores. Essas análises contribuem em muito para processos integrados de tomada de decisão, tendo imenso potencial como ferramentas de apoio aos decisores, uma vez que são métodos para simplificação e síntese de dados complexos e, portanto, não podem substituir os procedimentos de informação e escolha por parte dos reais atores (NEPAM, 1997).

Segundo NEPAM (1997), a característica da análise de decisão com múltiplos objetivos é:

- I- a complexidade dos problemas que incluem aspectos econômicos, sociais, físicos, químicos, psicológicos, administrativos, de engenharia, ética e campos não estéticos;
- II- a heterogeneidade dos objetivos, não medidos ou não comparáveis (p.ex., em dólares - US\$), não compatíveis (não ligados) e incertos.

Várias são as metodologias existentes aplicadas à solução do problema de tomada de decisão envolvendo múltiplos objetivos. A UNICAMP desenvolveu diversos estudos de otimização utilizando essas metodologias de avaliação de múltiplos objetivos (BALESTIERI, 1994; HADDAD, 1993; CORREIA, 1988; VALENZUELA, 1993; SANT'ANA, 1995; CHAN, 1996; CARVALHO, 1998; entre outros). Várias também são as metodologias utilizadas na classificação dos métodos e aplicações da programação com múltiplos objetivos. Basicamente uma formulação de programação com múltiplos objetivos é apresentada na forma da Equação 2.3 (HADDAD, 1993).

$$\begin{array}{l} \text{Max}_{\underline{x}} \quad \{ f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_z(\underline{x}) \} \\ \text{s.a.:} \\ g_k(\underline{x}) \leq 0 \end{array}$$

[Equação 2.3]

Sendo:

$f_i(\underline{x}), i = 1, 2, \dots, z$ ; são as funções objetivos

s.a.=sujeito a

$g_k(\underline{x}), k = 1, 2, \dots, m$ ; são as funções de restrições

$\underline{x}$  é o vetor de dimensão  $n$ (objetivos a maximizar)  
das variáveis de decisão.

Essa equação 2.3 possibilita a construção do espaço dos múltiplos objetivos (S) como o da Figura 2.11.

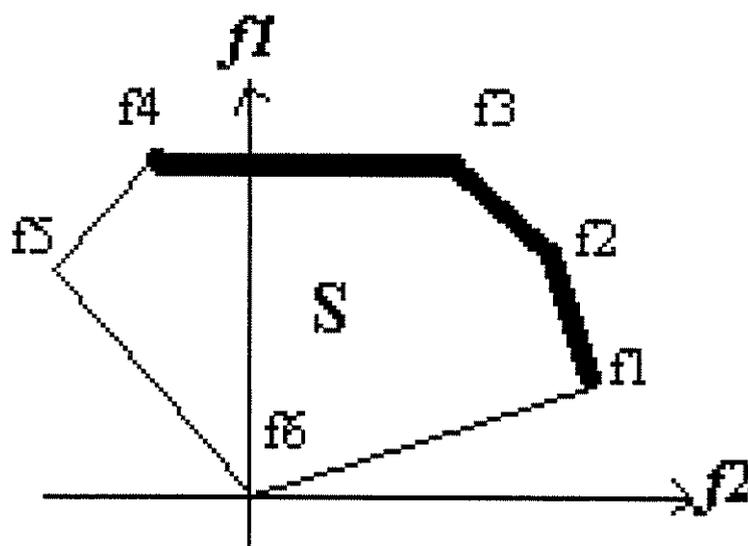


Figura 2.11 - Espaço dos objetivos da programação com múltiplos objetivos.

Fonte: (HADDAD, 1993).

A abordagem via função de utilidade (Equação 2.4) é estruturação das preferências do decisor, que pode ser obtida com curvas de nível da função utilidade, as quais também são conhecidas como curvas de indiferença ou isopreferência (HADDAD, 1993).

Via função utilidade

Max  $u \ f(\underline{x})$

s.a.:

$\underline{x} \in T$

---

Sendo:

$\underline{x}$  o vetor dos objetivos  
a maximizar

T o Espaço de Decisão

[Equação 2.4]

A função utilidade associa um número real a cada ponto do espaço dos objetivos  $S$  (figura 2.11), representando as preferências do decisor no espaço de decisão  $T$  da Figura 2.12.

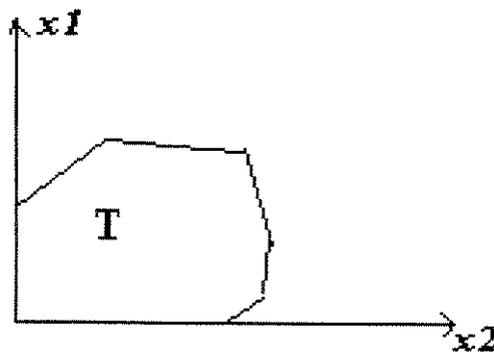


Figura 2.12 - Espaço de decisão da programação com múltiplos objetivos.

Fonte: (HADDAD, 1993).

Pela equação 2.4 a solução do problema será um ponto no qual o conjunto das soluções eficientes será tangente às curvas de indiferença. A barreira aqui é a dificuldade em obter-se a função de utilidade. No Quadro 2.3, têm-se alguns outros métodos da avaliação dos múltiplos objetivos (HADDAD, 1993; GOICOECHEA et al., 1982).

Os métodos para gerar o conjunto não-dominado consideram um vetor de funções-objetivo e usam esse vetor para identificar e gerar o subconjunto das soluções não-dominadas numa possível região inicial. São os métodos dos pesos, método  $\varepsilon$ -restrição, método dos múltiplos objetivos linear de *Philip* e o método dos múltiplos objetivos linear de *Zeleny*.

Os métodos contínuos com prévia articulação das preferências buscam com a articulação das preferências de prioridades do decisor solucionar o problema de múltiplos objetivos, reduzindo o conjunto de soluções não-dominadas para um conjunto de soluções muito menores, facilitando a tarefa de selecionar a escolha final. São os métodos contínuo e discreto de programação por metas ou alvo (*goal programming*), o método contínuo e discreto da contribuição da função de utilidade e o método contínuo do valor de *trade-off*.

Os métodos discretos com prévia articulação das preferências são representados em matrizes de alternativas (*payoff*) de relações causa e efeito, como p.ex. o *Elimination and Choice Translating Reality* (ELECTRE), os métodos de funções de valor ordinárias e o método de valor proporcional.

*Quadro 2.3 - Métodos clássicos de avaliação dos múltiplos objetivos.*

*Fonte:* (GOICOECHEA et al., 1982).

Em alguns desses métodos, o decisor estabelece julgamentos de valor e preferência sobre as alternativas de solução do problema, antes mesmo que o problema seja efetivamente resolvido, o que se denomina de métodos com indicação *a priori* de preferências. Em outros, o decisor é chamado a indicar suas preferências a cada interação, orientando o processo de solução do problema. Também, pode-se classificar alguns métodos em não-interativos. Nos processos em que o decisor assume participação ativa com o modelo, geralmente tem-se possibilidade maior de que a solução final obtida seja aceita como a melhor solução de compromisso do problema. O relacionamento do decisor com a solução do problema pode ser com a indicação de níveis mínimos para os objetivos, ordenação *lexicográfica* ou caracterização da estrutura de preferências por meio da função utilidade, entre outros. O método do ordenamento *lexicográfico* requer que os objetivos sejam ordenados em ordem de importância pelo decisor, segundo a Equação 2.5 (HADDAD, 1993; PSARRAS et alii, 1990; STEUER, 1986; GOICOECHEA et al., 1982).

$\begin{aligned} & \text{Min}_{\underline{x}} f_i(\underline{x}) \\ & \text{s.a.:} \\ & \underline{x} \in T \end{aligned}$	<p>Sendo:</p> <p>A solução final é obtida, resolvendo-se esta equação sequencialmente para <math>i = 1, 2, 3, \dots, z</math> ( <math>i</math> são os objetivos ordenados em ordem de importância pela "pessoa que toma a decisão".</p>
--	---

[Equação 2.5]

A desvantagem é que a solução preferida ( $x^*$ ) é muito sensível ao ordenamento, o que é indesejável, se os objetivos tiverem aproximadamente a mesma importância, porém, existem estudos com a finalidade de reduzir essa sensibilidade (WALTZ, 1967).

A Equação 2.6 mostra a formulação de uma programação alvo (*goal programming*) que foi inicialmente concebida para resolver problemas lineares e que atingiu grande desenvolvimento e popularidade nas últimas décadas (HADDAD, 1993).

$\begin{aligned} & \text{Min}_{\underline{x}} \left\  \underline{f}(\underline{x}) - \hat{\underline{y}} \right\  \\ & \text{s.a.:} \\ & \underline{x} \in T \end{aligned}$	<p>Sendo:</p> <p><math>\hat{\underline{y}}</math> representa o vetor do conjunto de metas.</p>
---	--

[Equação 2.6]

Esse método requer do decisor o conjunto de metas que ele gostaria que cada objetivo pudesse atingir (HADDAD, 1993).

Ainda segundo HADDAD (1993), os métodos que têm conseguido, nos últimos anos, aceitação cada vez maior por parte dos pesquisadores e usuários são os interativos, também conhecidos por métodos com indicação progressiva de preferências pelo decisor.

Os métodos interativos podem ser implementados, considerando-se as particularidades de cada processo de decisão, por meio de *software* de programação matemática adequado. Como o decisor interage com o modelo, indicando preferências a cada interação, pode-se obter uma solução final aceita como a melhor solução de compromisso do problema. De maneira genérica, pode-se caracterizar tais métodos interativos em dois níveis: um nível inferior ou de análise e outro superior ou de decisão. No primeiro, encontra-se o modelo matemático adotado para o método em questão, cuja solução é influenciada pelas preferências do decisor. Essas preferências são fornecidas no nível superior, sendo que o decisor procura por meio delas induzir o nível de análise e fornecer soluções que estejam de acordo com as suas preferências. A forma como se processa é o que diferencia os métodos, que podem ser segundo o uso de uma função de utilidade implícita na programação alvo interativa, segundo as taxas marginais de substituição no método de *Geoffrion, Dyer e Feinberg* (GDF) e segundo *trade-off's* locais na vizinhança de uma dada alternativa viável, como no método *surrogate worth trade-off-method* (SWT) (HADDAD, 1993; STEUER, 1986; GOICOECHEA et al., 1982).

Têm-se também os métodos discretos que usualmente possuem estrutura representada por uma matriz relacionando os objetivos com as alternativas por meio de um dado valor. Essa matriz é conhecida por matriz de impactos genéricos ou matriz de alternativas, ou ainda por matriz de *payoff*, como mostra a Figura 2.13, na qual a avaliação do objetivo de ordem  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) para a alternativa de ordem  $j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) é representada por  $r_{ij}$  (HADDAD, 1993).

		Alternativas					
		1	2	3	4	...	n
Objetivos	1	$r_{11}$	$r_{12}$				$r_{1n}$
	...						...
	m	$r_{m1}$		...			$r_{mn}$

Figura 2.13 - Matriz de alternativas (*payoff*).

Fonte: (HADDAD, 1993).

Segundo GOICOECHEA et al. (1982), o método ELECTRE é ferramenta particularmente adequada para problemas de tomada de decisão de múltiplos objetivos que envolvem números discretos de alternativas. Foi inicialmente sugerido em meados da década de 1960 (BENAYOUN et al., 1966) e aperfeiçoado na década de 1970 (ROY et al., 1971).

Entre os métodos discretos interativos, está o aqui denominado Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos (APMO), que é um instrumento de tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos, baseada no método de otimização ELECTRE da metodologia VISPA (*Valutazione Integrata - Scelta tra i Progetti Alternativi*, proposto por COLORNI et al. (1988) - apêndice B).

Segundo COLORNI et al. (1988), no método VISPA/APMO, o decisor não achará a melhor solução entre as *alternativas* propostas para determinada região, mas escolherá a política preferencial com o compromisso de ser essa solução não dominada (pelo critério de *Pareto* - Figura 2.14). Esse é o principal objetivo da decisão de problemas com múltiplos objetivos. Assim, a questão crucial é COMO a decisão é tomada e não QUAL decisão, como ocorre na programação matemática clássica.

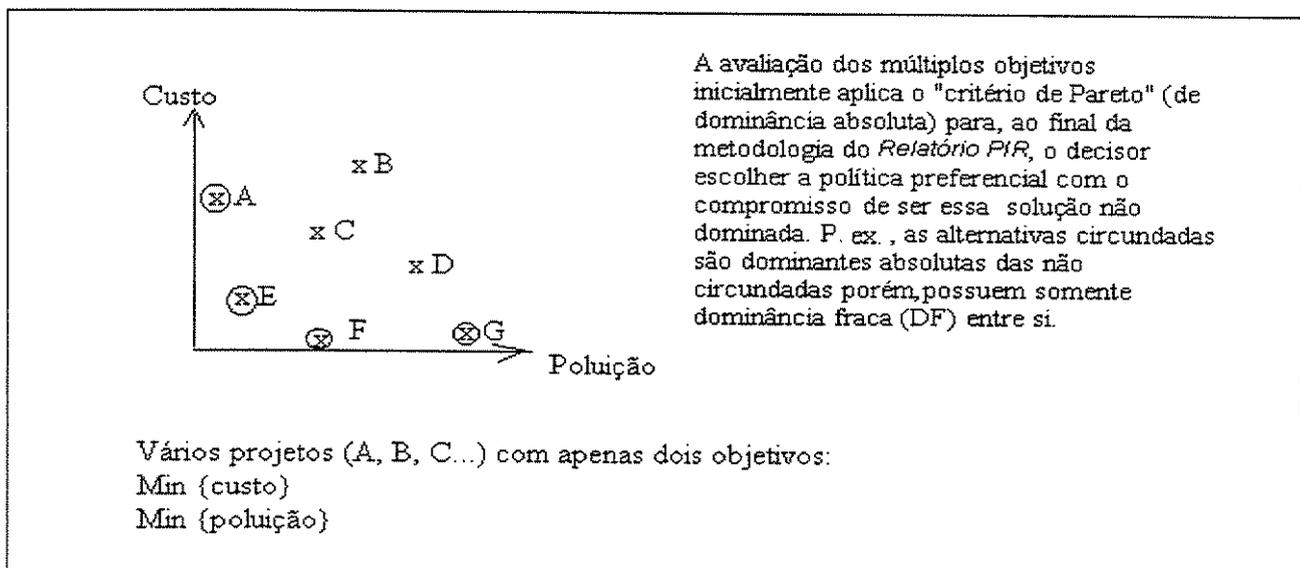


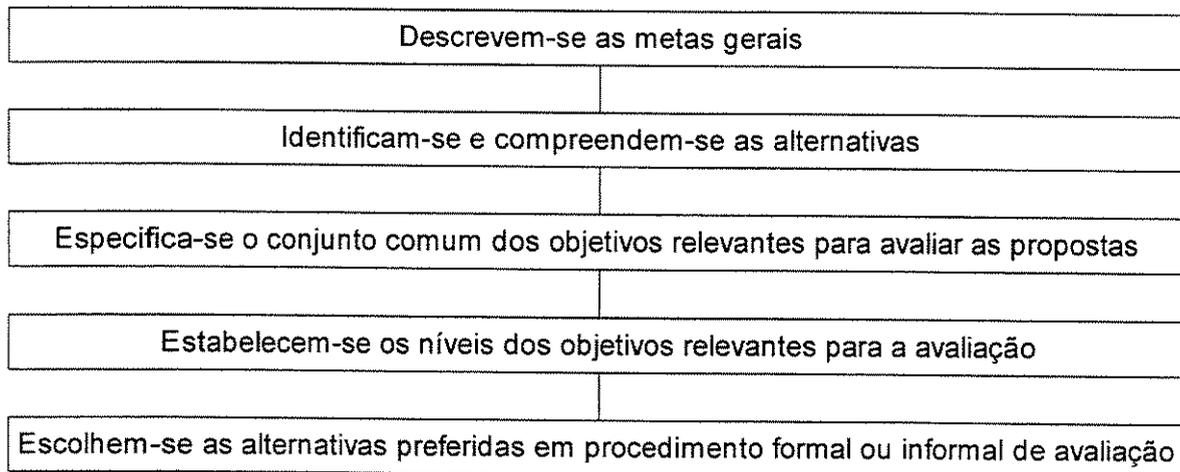
Figura 2.14 - Avaliação dos múltiplos objetivos.

Fonte: (COLORNI et al., 1988).

Utiliza-se o critério de *Pareto*, que é definido pela dominância absoluta de um projeto em relação a outro, para a escolha ótima entre projetos. Significa a eliminação dos projetos dominados por qualquer outro projeto que o domine absolutamente, p.ex., um projeto *C* é dominado por um projeto *A*, se não possui nenhum objetivo melhor que aquele de *A*. Já o método de Dominância Fraca (DF) consiste na atribuição de pesos para cada um dos múltiplos objetivos escolhidos, visando a uma ordenação, ainda que apenas parcial, das *alternativas* decisórias, sendo necessário avaliar a importância relativa desses objetivos e, então indiretamente, dos setores e dos interesses que representam (COLORNI et al., 1988).

Caso se tenham mais de dois objetivos, tem-se de trabalhar com modelos matemáticos e matrizes para o tratamento de tantos dados. Dessa forma, não só o planejamento do setor energético se modifica, mas também a política formal de EIA está modificando-se em todo o mundo, passando dos EIAs tradicionais mostrados anteriormente para avaliações mais aprofundadas que previnem, mitigam ou compensam os impactos ambientais, considerando tanto os objetivos sócio-ambientais contabilizáveis quanto os não (ÁNGEL et al., 1996).

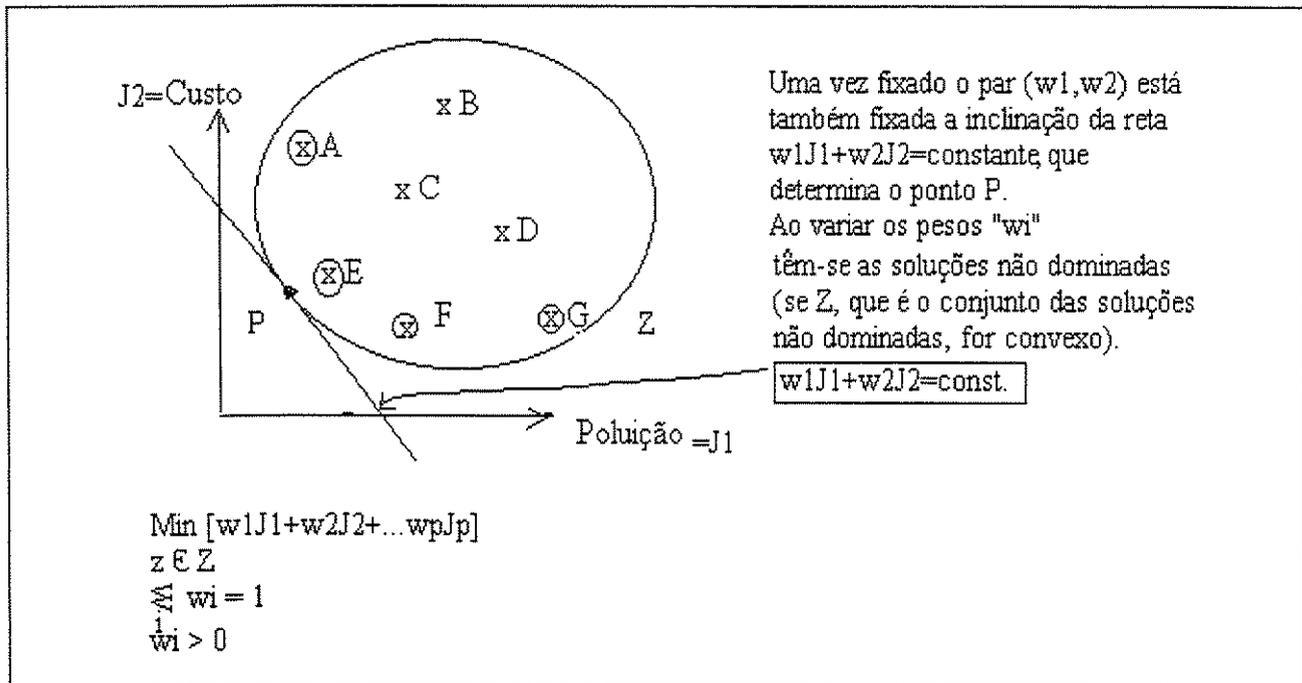
Em muitos métodos de programação com múltiplos objetivos, com variáveis de decisão contínuas, a situação de escolha envolve grande número de alternativas possíveis. Existem muitas situações de decisão, nas quais o decisor deve escolher entre um número finito de alternativas avaliadas sobre múltiplos objetivos incomensuráveis. Problemas desse tipo ocorrem em várias situações práticas, como p.ex. a escolha dentre quatro alternativas de sistemas de geração elétrica. Em problemas semelhantes, o processo de decisão pode ser descrito como mostra o Fluxograma 2.2 (ENI, 1994).



*Fluxograma 2.2 - Processo de tomada de decisão.*

*Fonte: (ENI, 1994).*

Segundo ENI (1994) e HADDAD (1993), pelo fato da estrutura desse tipo de formulação envolver várias alternativas e objetivos de análises diferenciadas, torna-se necessário por vezes algum tipo de ajuda de especialistas ou de pessoas com longa experiência nesse campo de atividade. Mesmo trabalhando com pessoal qualificado, pode-se sentir dificuldade em transformar informações técnicas ou intuitivas em formas adequadas para o processo de análise em questão. Assim, é importante utilizar métodos analíticos que possam ajudar na determinação da importância das várias alternativas submetidas aos vários objetivos. A APMO utiliza o método dos pesos ( $w$ ) para gerar o conjunto de soluções dominadas fracamente, como se exemplifica no Quadro 2.4.



Quadro 2.4 - Método dos pesos.

Fonte: (ENI, 1994).

Tais pesos devem ser propostos por especialistas, uma vez que cada conjunto de pesos, apesar de fornecer uma ordenação robusta p.ex. escolhendo as alternativas A, E, F e G do quadro 2.4, seleciona uma alternativa como a melhor de todas, como p.ex. a alternativa E desse mesmo quadro 2.4. Como já foi dito anteriormente, a tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos é uma proposta apresentada por uma pessoa, sujeita a uma análise de legitimidade e, portanto, quanto mais confiável e especialista (*expert*) for o decisor, melhor será o resultado da decisão tanto para a sociedade, quanto para o meio ambiente como um todo (SERAFINI, 1984; GERELLI et al., 1987).

A problemática da relação energia-sociedade-meio ambiente, i.e., do desenvolvimento econômico e sócio-ambiental, e a evolução de cada um dos três instrumentos (PIR, EIA e Avaliação de Múltiplos Objetivos) ao longo dos últimos anos, mostram a necessidade atual da conversão para uma metodologia mais completa como a proposta neste trabalho, i.e., convergindo dessa forma para o *Relatório PIR* com uma metodologia de análise de problemas energéticos considerando múltiplos objetivos econômicos e externalidades.

## Capítulo 3

### Metodologia do *Relatório PIR*

Este capítulo apresenta a metodologia proposta para atender aos objetivos deste trabalho que visa oferecer ferramentas de auxílio à tomada de decisões para investimentos na área energética, procurando incorporar explicitamente as alternativas do lado da demanda e algumas variáveis ambientais e sociais, além das opções do lado da oferta.

Basicamente a metodologia proposta apóia-se nos princípios e concepções do PIR, conforme apresentado no capítulo 2, associando-se a cada um dos múltiplos objetivos das *alternativas de PIR* diferentes pesos, que refletem diferentes avaliações do decisor. A organização e avaliação das *alternativas de PIR* obedecem aos critérios dos EIAs. Dessa forma, a metodologia do *Relatório PIR* procura combinar três tipos de análise que já vêm sendo aplicadas em problemas energéticos, mas freqüentemente de maneira não integradas:

- I- PIR;
- II- GAIA, i.e., EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos, sociais e ambientais (externalidades) que tem como instrumento o *software GAIA* (QUEIROZ et al., 1995a), que contribui na estruturação das *alternativas de PIR* pela metodologia de Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (GAIA, *Guia di Analisi di Impatto Ambientale* - apêndice C);

III- APMO <sup>17</sup>: avaliação na qual o decisor associa diferentes pesos a cada um dos múltiplos objetivos, utilizando o *software VISPA* (QUEIROZ et al., 1995b), que contribui com a tomada de decisão dentro da metodologia de Avaliação Integrada e Escolha entre Projetos Alternativos.

Essa metodologia será aplicada em um estudo de caso de caráter regional, conforme se mostrará no capítulo 4, no qual se procuram avaliar as diferentes oportunidades de expansão de serviços de energia considerando-se também os impactos nas emissões regionais de CO<sub>2</sub> e na geração de empregos<sup>18</sup>.

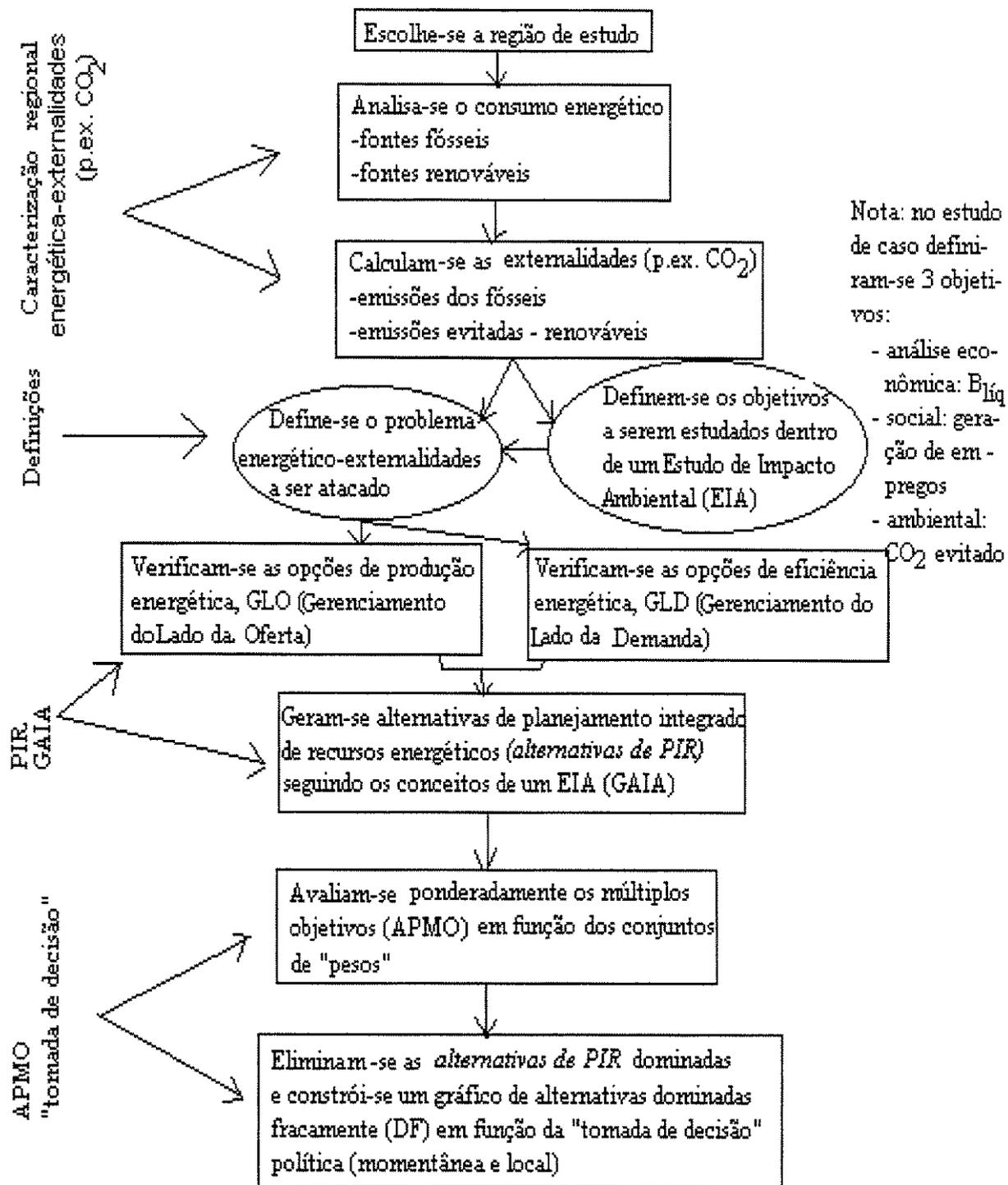
O Fluxograma 3.1 apresenta o esquema geral da metodologia de *Relatório PIR* proposta, em que se procura integrar as análises das *alternativas de PIR* estruturadas por um GAIA<sup>19</sup> e considerando a APMO, que incorporam as variáveis que serão posteriormente quantificadas no estudo de caso.

---

<sup>17</sup> Sendo os índices sociais e ambientais muitas vezes difíceis de ser contabilizados, apesar da evolução nos estudos das externalidades, uma das melhores maneiras de avaliar as *alternativas de PIR* que integram estes múltiplos indicadores econômicos, sociais e ambientais, é de forma ponderada, estabelecendo diferentes pesos para cada objetivo, de acordo com as prioridades da sociedade local (política energética e ambiental regional ou federal). Pois, uma sociedade deve aprender a pensar interativamente e holisticamente, dando altos pesos aos seus valores mais importantes, se quiser ter um desenvolvimento sustentável (MILBRATH, 1989).

<sup>18</sup> É necessário que o *Relatório PIR* faça avaliação transparente e portanto avalie os múltiplos objetivos de forma independente entre si, analisando o objetivo social separadamente da melhoria do meio ambiente como, p.ex., analisando o aumento do número de empregos devido a um determinado investimento empresarial separadamente da degradação causada ao meio ambiente, assim como se separa a análise econômica do tipo custo-benefício da análise ambiental e social.

<sup>19</sup> Salienta-se que *Relatório PIR* é o nome dado a toda a metodologia que engloba o PIR, o GAIA e a APMO. As *alternativas de PIR* são as alternativas geradas pela metodologia GAIA agregando os diversos *elementos constituintes* analisados (propostas energéticas).



Fluxograma 3.1 - Metodologia de Relatório PIR.

Uma vez feita a caracterização regional e definido o problema e os múltiplos objetivos a serem avaliados, parte-se para a geração e estruturação das *alternativas de PIR*. Utiliza-se nesta etapa o *software* GAIA, que ajuda a reformular as *alternativas de PIR* e facilita o monitoramento com os conceitos de um EIA com análise de múltiplos indicadores.

A metodologia do *Relatório PIR* é ampla e pode ser aplicada para múltiplos objetivos econômicos e externalidades. A caracterização regional é exemplificada neste trabalho como caracterização energética-externalidade (p. ex. CO<sub>2</sub>) regional (por avaliar o consumo energético regional e as emissões de CO<sub>2</sub>), devido à queima tanto dos combustíveis fósseis quanto dos renováveis.

Dessa forma, baseando-se nos dados iniciais de consumo energético e externalidades regional (p. ex. emissão de CO<sub>2</sub>), desenvolvem-se *alternativas de PIR* para analisar os problemas fazendo comparação dessas alternativas numa APMO. Esta análise é feita com o *software* VISPA, que avalia de forma integrada e ponderada os múltiplos objetivos econômicos, ambientais e sociais (externalidades) ajudando na escolha entre as *alternativas de PIR*.

Assim, a escolha da melhor *alternativa de PIR* para a região é feita por método de otimização dos objetivos previamente ponderados de acordo com um conjunto de preferências explicitadas pelo decisor (pesos).

### **3.1 - CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA-EXTERNALIDADES (P. EX. EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>) DA REGIÃO**

Este é um estudo de planejamento energético em nível regional que possui uma componente ambiental cujo objetivo é minimizar as emissões de CO<sub>2</sub>, que exemplifica a caracterização regional das externalidades. O estudo inicia-se com a caracterização regional, i.e., com análise do consumo energético e suas respectivas externalidades (neste caso exemplificada pelas emissões de CO<sub>2</sub>), conforme mostra o fluxograma 3.1.

Tendo todos os dados de consumo de combustíveis fósseis e renováveis, facilmente calculam-se as externalidades tipo emissões de CO<sub>2</sub> com o *software* GGIS (*Greenhouse Gases Inventory Software* - apêndice D) do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 1995a). Uma vez realizados os cálculos de consumo e externalidades-emissões, de acordo com a Tabela 3.1, define-se o problema que será atacado e os múltiplos objetivos a serem avaliados.

Tabela 3.1 - Exemplo de tabela de caracterização energética-externalidades (p. ex. CO<sub>2</sub>) regional.

Município	Setor/ subsetor	Consumo energético	Fator de emissão da externalidade (p.ex. CO <sub>2</sub> ) (IPCC)	Emissão da externalidade (p. ex. CO <sub>2</sub> ) por fonte energética e por município
<i>cidade</i>		$\varepsilon$	$\phi$	$(\varepsilon \cdot \phi) = \eta$

### 3.1.1 - Definições: problema energético e múltiplos objetivos

A definição do problema e dos múltiplos objetivos a serem avaliados dependem de boa caracterização energética-externalidades (p. ex. CO<sub>2</sub>) regional. Por exemplo, num estudo de *alternativas de PIR* para o setor energético, o problema a ser solucionado poderia ser definido pela seguinte questão:

Quais as melhores *alternativas de PIR* para solucionar um aumento da demanda futura de energia prevista num horizonte de 10 anos?

Tendo a APMO como instrumento de tomada de decisão, agregam-se a essa questão os indicadores que a complementam da seguinte forma:

Quais as melhores *alternativas de PIR* do ponto de vista econômico e sócio-ambiental (externalidades)?

É necessário que um EIA analise todos os múltiplos indicadores possíveis<sup>20</sup>, i.e., o consumo de água, o NO<sub>x</sub>, o SO<sub>x</sub>, a fumaça, os particulados, a área inundada, etc. É importante fazer uma pesquisa nos órgãos competentes para desenvolver uma *análise por uso-final* (GLD de análise do consumo por fonte energética e por uso-final), expandindo a tabela 3.1 para uma do tipo exemplificada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Exemplo de tabela básica para um estudo de GLD.

Muni- cípio/ uso- final	Setor/ sub- setor	<b>Demanda futura (previsão)</b>	<b>% redução do consumo por setor e por uso-final</b>	<i>Energia conservada por setor e por uso-final</i>	<i>Emissão evitada externalidade- CO<sub>2</sub> (IPCC) por setor e por uso- final</i>	Custo do GLD
cidade		$\iota$	$\phi$	$(\iota \cdot \phi) = \kappa$	$(\kappa \cdot \phi) = \nu$	C

A *análise por uso-final* deve também calcular o custo de implementação de um programa de GLD, p.ex., contabilizando quantos dólares custam para conservar uma determinada quantidade de energia elétrica, podendo-se então comparar este “custo do GLD” com o custo de produção. Voltando à caracterização energética-externalidade (p. ex. CO<sub>2</sub>) da região em estudo, convém salientar que basicamente constitui a alternativa zero (ALT-0), p.ex., se a região possui problema definido pela importação de toda a energia elétrica que consome e não polui nada dentro da região e, caso, ao final da APMO, esta ALT-0 for a escolhida, isto quer dizer que será melhor deixar as coisas como estão e não desenvolver nenhuma das outras *alternativas de PIR* (denominados por ALT-1, ALT-2, etc.) em análise. Assim, a região em estudo deverá continuar importando toda a eletricidade.

<sup>20</sup> O critério utilizado no capítulo 4 é o de tratar somente os 3 indicadores (objetivos) mencionados anteriormente: B<sub>liq</sub>, geração de empregos e emissões evitadas de CO<sub>2</sub>, pelo fato de ser somente um estudo de caso em que a principal meta é apresentar a metodologia proposta.

Uma vez aplicadas as fases iniciais dessa metodologia, parte-se para a criação de uma contabilidade eletrônica (estruturação) das *alternativas de PIR* da região (ALT-0, ALT-1, ALT-2, etc.) utilizando a metodologia GAIA, que será detalhada a seguir.

### **3.2 - GAIA: ESTRUTURAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE PIR SEGUNDO UM EIA COM ANÁLISE DE MÚLTIPLOS INDICADORES ECONÔMICOS E SÓCIO-AMBIENTAIS (EXTERNALIDADES)**

Conforme apresentado no capítulo 2, o EIA adaptou-se ao longo do tempo às necessidades políticas regionais. A metodologia de tomada de decisão aqui proposta (fluxograma 2.1), utiliza o *software* GAIA, por facilitar o constante monitoramento e reavaliação das *alternativas de PIR* nele estruturados, além de ser ferramenta que possibilita ampla avaliação de impacto ambiental, contemplando tanto os indicadores econômicos quanto sócio-ambientais (externalidades).

As alternativas geradas para a expansão dos serviços de energia, tanto do lado da demanda como da oferta, são agora re-escritos utilizando-se do *software* GAIA, que ajuda a estruturar as *alternativas de PIR*. Esta fase da metodologia do *Relatório PIR* possui alguns instrumentos básicos que estarão sujeitos a constante modificação e documentação de cada passo, além de permitir trabalhar com valores quantitativos e qualitativos, que também podem ser agregados por diferentes tipos de equações.

O *software* GAIA impõe estrutura (arquitetura) para cada *alternativa de PIR*, que é basicamente formada pelos *elementos constituintes*. Por exemplo, caso seja um estudo de planejamento do setor elétrico, os *elementos constituintes* são as diversas formas de produção de eletricidade (hidrelétricas, termelétricas, etc.) e de GLD (programas de eficiência de energia elétrica, conservação de eletricidade, etc.) que foram considerados pela análise segundo o PIR.

Neste trabalho consideram-se 3 indicadores em função do potencial de produção ou conservação de cada tipo de *elemento constituinte*. Dessa forma, cada um dos *elementos constituintes* será estruturado por 2 gráficos denominados *árvores*: um de coluna que define as *causas* analisadas (tipo de fornecimento de energia) e um gráfico de linha definindo os *efeitos* relacionados a tal provimento de serviços de energia, que são: o  $B_{i,eq}$ , as emissões evitadas de CO<sub>2</sub> e a geração de empregos.

Portanto, os *elementos constituintes* são estruturados por gráficos *árvores de linha* - indicadores (efeitos - econômicos e externalidades) conforme mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Exemplo de um gráfico - árvore de linha.

<b>indicadores</b> (efeitos - econômicos e externalidades)	- Indicador 1
	- Indicador 2 ----- Indicador 2.1
	----- Indicador 2.2
	- Indicador 3
	etc.

Da mesma maneira, tem-se o *gráfico árvore de coluna*, como mostra a Tabela 3.4. Os *elementos constituintes* (causas) são individuais e serão futuramente agregados entre si, formando as diversas *alternativas de PIR*.

Tabela 3.4 - Exemplo de um gráfico - árvore de coluna.

<i>elementos</i> <i>constituíntes</i> <b>(causas)</b>	- <i>Elemento Constituinte 1</i>
	- <i>Elemento Constituinte 2</i>
	- <i>Elemento Constituinte 3</i>
	- <i>Elemento Constituinte 4</i>
	etc.

Essas duas *árvores de linha* e de *coluna* formam matrizes, p.ex., para cada *elemento constituinte* (das diversas formas de produção de eletricidade - hidrelétricas, termelétricas, etc.- e de GLD - programas de eficiência de energia elétrica, conservação de eletricidade, etc.) ter-se-á determinada matriz referente à proposta individual de produção ou GLD de eletricidade relacionada com os 3 indicadores escolhidos, como mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Exemplo da matriz das *árvores de linha* e de *coluna*.

causas →	<b>Elemento</b>	<i>Elemento</i>	<i>El.</i>	<i>El. con.</i>	<i>El.</i>	<i>El.</i>
	<b>constituente/</b>	<i>constituente</i>	<i>con.</i>	Renováveis/	<i>con.</i>	<i>con.</i>
↓ efeitos	<b>Indicadores</b>	Importação	UTE <sup>21</sup>	Cogeração	GLD	Outras
	- B <sub>liq</sub>					
	- emissões de CO <sub>2</sub>					
	- empregos					

A metodologia proposta possibilita ao decisor agregar o maior número possível desses *elementos constituintes* com vistas a analisar o problema definido por ele mesmo, após a caracterização regional, i.e., as *alternativas de PIR* são, desde cada um dos específicos *elementos constituintes* até a agregação de todos os *elementos constituintes* entre si, sempre em função das hipóteses do decisor. A agregação dos *elementos constituintes* representa as *alternativas de PIR* que formam a matriz de avaliação genérica do tipo da apresentada na Tabela 3.6.

<sup>21</sup> *Elemento constituinte* - Usina Termelétrica.

Tabela 3.6 - Matriz de avaliação genérica.

causas →	<b>Elemento</b>	<b>ALT-1</b>	<b>ALT-2</b>	<b>ALT-...</b>
	<b>constituente/</b>	<i>Somente o elemento</i>	<i>Elemento constituinte</i>	<i>El. con. 2 +</i>
↓ efeitos	<b>Indicadores</b>	<i>constituente 1 ou 2...</i>	<i>1 + 2 + ...</i>	<i>5 + ...</i>
	- Indicador 1			
	- Indicador 2			
	- Indicador 3			
	etc.			

Essa matriz possibilita a escolha das melhores *alternativas de PIR* (e respectivos *elementos constituintes*), de acordo com os indicadores explicitados nas linhas. O *software GAIA* possui certo número de instrumentos básicos, listados a seguir, que ajudam na construção e no constante monitoramento da matriz de avaliação genérica como a da tabela 3.6.

### 3.2.1 - Instrumentos básicos do *software GAIA*

I- Os *gráficos árvores* são representados em tipo particular de gráfico com base nas *árvores* apresentadas anteriormente. Os *gráficos árvores* são constituídos de nós e arcos: chama-se de raiz o nó inicial (o único que não tem antecessores) e, folhas os nós terminais, que não possuem sucessores. Para descrever as relações existentes entre os nós de uma árvore, usa-se terminologia de derivação genealógica, definindo-se uma relação de parentesco: com referência a um nó, chama-se *pai* o nó (sempre único) do qual tem origem, *irmãos* os nós que possuem o mesmo *pai*, *filhos* os nós que possuem origem no mesmo nó, como se pode ver na Figura 3.1.

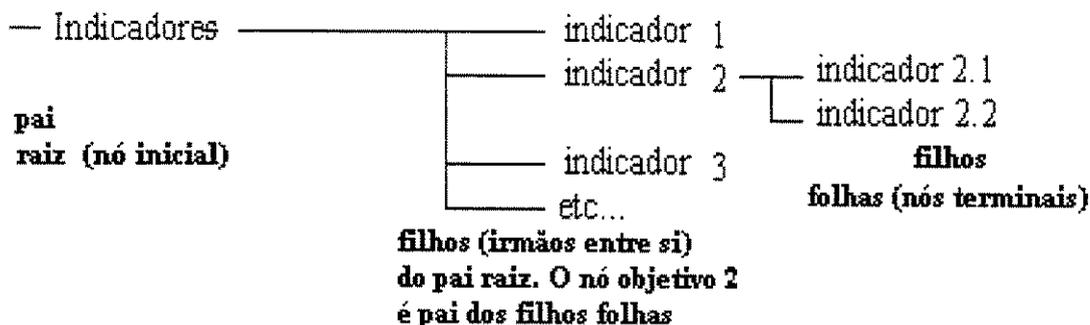


Figura 3.1 - Genealogia de um gráfico árvore.

Um *gráfico árvore* pode ser sucessivamente enriquecido com outros nós para descrever uma articulação temporal ou espacial ou para indicar a possibilidade de existência de situações particulares, como p.ex., as condições atmosféricas ou cenários alternativos, formando *gráficos árvores* como os das tabelas 3.3 e 3.4.

As *árvores* que formam um *elemento constituinte* são completadas pelas *fases*, por considerar-se as diversas contestações e condições, p.ex., o *gráfico árvore de linha* apresentado anteriormente (tabela 3.3) juntamente com o *gráfico árvore de coluna* (tabela 3.4) formam a matriz (tabela 3.5) numa denominada *fase 1 (sem valores)* de cada *elemento constituinte*. Depois terá a *fase 2* que será preenchida com valores, a *fase 3* que poderá ter a agregação de alguns indicadores (p.ex. os indicadores 2.1 e o 2.2) e etc. Portanto, pelas *fases* torna-se possível descrever as relações de causa, condições, efeito<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Por exemplo, a concentração no solo de determinado poluente atmosférico (*efeito*) é o resultado de uma ou mais emissões (*causa*) em certas *condições* atmosféricas. A relação é importante no EIA, no qual é necessário estudar e representar seqüências de relações *causa-condição-efeito* (COLORNI et al., 1991).

II- As *matrizes* representam as relações de causa e efeito cruzando entre elas os nós de dois *gráficos árvores*; um de coluna (causas) e um de linhas (efeitos), criando assim algumas *células*. Cada *célula* de uma matriz representa, portanto, um nó causa em relação a um nó efeito e pode conter duas informações: uma sintética, constituída de número ou símbolo, que representa a estimativa qualitativa ou quantitativa do efeito do nó de coluna sobre o nó de linha; e, outra mais descritiva, constituída de uma ou mais páginas de documentação de como se conseguiu a estimativa e qual seu significado, informações importantes caso se refaça determinada análise ou se reproduza uma *alternativa de PIR*.

As operações listadas a seguir são necessárias para obter-se maior facilidade na estruturação das *alternativas de PIR* e posterior avaliação dos múltiplos objetivos.

### 3.2.2 - Operações do *software GAIA*

I- *De construção:*

*Adicionar:* a qualquer momento adiciona-se um novo indicador ou *elemento constituinte*, p.ex., uma proposta de usina nuclear.

*Cancelar:* a qualquer momento cancela-se um indicador ou *elemento constituinte*, p.ex., um indicador de área inundada pelas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

*Ativar:* ativam-se somente os indicadores ou *elementos constituintes* importantes para determinada avaliação, como p.ex. ativam-se somente os objetivos  $B_{iiq}$ , geração de emprego e emissões evitadas de  $CO_2$ .

*Desativar:* desativam-se os indicadores ou *elementos constituintes* não importantes para determinada avaliação, desativando tanto os nós específicos quanto os *gráficos árvores*, de modo a poder reativá-los quando necessário. P.ex., desativa-se o indicador área inundada por PCHs e a matriz do *elemento constituinte* usina nuclear (com os respectivos dois *gráficos árvores* de linha e de coluna), etc.

*Memorizar:* memorizam-se (documentam-se) todos os dados, nós específicos, células tanto dos indicadores quanto dos *elementos constituintes*.

- II- *De definição das linhas e colunas das matrizes:* São visualizadas somente as células da matriz *ativas*. P.ex., caso o nó *indicador 1* do gráfico árvore de linha da tabela 3.3 seja o montante de *energia* produzida, sendo somente uma referência para atingir a futura falta (demanda futura prevista) de eletricidade regional, ele será desativado, estando assim ausente na matriz da tabela 3.5 (essa futura falta de eletricidade deverá ser atingida pelo somatório das energias produzidas pelas fontes de eletricidade ou conservação). Portanto, é um nó que será ignorado, mas as informações contidas nesse nó não visualizado são mantidas na memória e ficam disponíveis a qualquer momento.
- III- *De inserção, modificação e documentação das estimativas:* As células das matrizes podem conter tanto símbolos ou vocabulários (estimativa qualitativa) quanto números. Modifica-se ou cancela-se o conteúdo das células a qualquer momento, assim como associa-se uma ou mais páginas de documentação a cada célula com estimativa.
- IV- *De conversão de estimativas qualitativas em valores numéricos:* A conversão da estimativa qualitativa a números é conseguida na definição de uma (ou mais) *codificação*, que se caracteriza pela conversão de símbolos ou vocabulários a números. A conversão se aplica a cada uma das linhas da matriz a *codificação* que lhe foi designada; a conversão é reversível, pois é sempre possível voltar dos números aos símbolos ou vocabulários de partida. As *codificações* e as designações podem ser criadas, modificadas, canceladas, documentadas e memorizadas de modo a reativá-las mais vezes, como mostrado p.ex. na Tabela 3.7.

*Tabela 3.7 - Exemplo de codificação para o objetivo empregos gerados.*

<i>símbolos (vocabulários, códigos)</i>	<i>valores (números)</i>
nenhum	0
poucos	100
muitos	10.000

V- *De agregação*: Muitas vezes as estimativas, que se obtêm com o uso de modelos de previsão qualitativos ou quantitativos e que se incluem diretamente em uma matriz, são desagregadas. Considerando-se, p.ex., uma submatriz na qual colunas e linhas são respectivamente as ações específicas das propostas energéticas (*elementos constituintes*) de uma *alternativa de PIR* (causa) e o indicador de geração de emprego (efeito). As células da matriz contêm neste caso as estimativas dos efeitos das ações específicas de cada *elemento constituinte* sobre o indicador social. Caso se deseje estimar o efeito total das ações dessa *alternativa de PIR* sobre o indicador social, é necessário efetuar uma agregação, i.e., substituir as colunas relativas às ações específicas de cada *elemento constituinte* por uma única coluna representativa de toda a *alternativa de PIR*. As células da coluna devem conter, linha por linha, estimativas agregadas, que podem ser obtidas das estimativas particulares com a aplicação de uma regra particular de agregação (mínimo, soma, média, etc.). É possível relacionar um grupo de regras de agregação às linhas ou às colunas, como mostra a *geração das alternativas de PIR* da Tabela 3.8 de agregação por soma e por linha (numa só coluna).

Tabela 3.8 - Exemplo de agregação por linha.

Indicadores e Alternativas	ALT-X
- Indicador 1	$d = d_{\delta} + d_{\gamma} + d_{\chi} \dots$
- Indicador 2	$e = e_{\delta} + e_{\gamma} + e_{\chi} \dots$
- Indicador 3...	$f = f_{\delta} + f_{\gamma} + f_{\chi} \dots$

Obs.: os valores denominados  $d$ ,  $e$  e  $f$  representam a somatória dos percentuais de participação dos *elementos constituintes*. O  $d_{\delta}$ ,  $e_{\delta}$  e o  $f_{\delta}$  representam o percentual de produção de eletricidade pela tecnologia termelétrica; o  $d_{\gamma}$ ,  $e_{\gamma}$  e o  $f_{\gamma}$  representam um percentual de importação; o  $d_{\chi}$ ,  $e_{\chi}$  e o  $f_{\chi}$  representam um percentual de hidrelétricas; etc.

Pode-se também modificá-las, memorizá-las de modo a poder reaplicar quando necessário. P.ex., na agregação por coluna (numa só linha), agregando-se o indicador benefício (B) subtraído pelo custo (C), forma-se um único indicador  $B_{liq}$ .

É possível, também, converter diretamente um *elemento constituinte* numa *alternativa*, e vice-versa. No caso das *alternativas de PIR*, a conversão ocorre quando um único *elemento constituinte* (p.ex., uma única proposta de substituição da demanda prevista de energia elétrica) possibilita a solução do problema do decisor, como p.ex. o *elemento constituinte Importação Máxima* convertido na *alternativa zero* (ALT-0), como exemplifica a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Exemplo de Alternativa Zero - Importação Máxima.

Indicadores e Alternativas	ALT-0
- $B_{tiq}$	g
- emissões de CO <sub>2</sub>	h
- empregos	i

Essa ALT-0 é um exemplo de uma *alternativa de PIR* que é definida como a continuidade da situação atual na região de estudo, de importação total da demanda prevista de energia elétrica, sendo que o decisor, neste exemplo, tomará a decisão baseado na avaliação ponderada dos 3 objetivos selecionados. Segue-se com a construção das outras *alternativas de PIR* que agregará o maior número possível de *elementos constituintes* visando analisar o problema inicial.

No estudo de caso a ser apresentado no capítulo 4, ter-se-á uma estrutura de geração das *alternativas de PIR* em EIA com análise de múltiplos indicadores que segue os seguintes passos:

### 3.2.3 - Estruturação das *alternativas de PIR* em EIA no software GAIA

I- Como já foi apresentado, as *alternativas de PIR* são estruturadas dentro da metodologia de EIA-GAIA, que possui organização inicial por projetos. O projeto é formado por uma ou mais *alternativas de PIR*, que, por sua vez, são constituídas pela combinação dos *elementos constituintes*. A presença de muitas alternativas de escolha torna significativo o processo de decisão. No início, sempre as alternativas são no mínimo duas, como p. ex., construir ou não uma termelétrica.

- II- No caso do estudo de caso, *as alternativas PIR* são estratégicas, pois são alternativas radicais que se encontram no início de um processo de tomada de decisão, p.ex., hidroelétrica ou termelétrica; ou ainda, poderiam ser:
- a) de localização;
  - b) de tecnologia;
  - c) de dimensionamento, que se encontram pouco a pouco no curso do projeto;
  - d) de variação ou de medidas de mitigação, que estão na última fase do processo de decisão, aquela relativa ao projeto executivo.
- III- Os *elementos constituintes* (elementos de escolha) são definidos como um componente de uma ou mais *alternativas de PIR*, que são estudados, ao menos em parte, de modo autônomo, p.ex., as diversas formas de produção de eletricidade (hidrelétricas, termelétricas, etc.) e de GLD (programas de eficiência de energia elétrica, conservação de eletricidade, etc.). Não são necessariamente um componente físico de uma alternativa, podendo-se isolar o total dos indicadores ambientais (p. ex., emissões de CO<sub>2</sub>) daqueles sociais e econômicos (p. ex., geração de empregos e B<sub>liq</sub>). Nesse caso, a utilidade está em decompor uma análise de grande dimensão em partes mais homogêneas e mais fáceis de tratar.
- IV- Um conjunto de *elementos constituintes* ou uma *alternativa de PIR* é representada em *seqüência de matrizes*, que documentam, fase por fase, o percurso lógico seguido durante as análises. Descreve-se uma seqüência de relações causa e efeito, no qual se tem uma mesma árvore de linha (efeito) em matrizes sucessivas.
- V- A qualquer momento é possível a *geração das alternativas*, que representam, no estudo de caso, as *alternativas de PIR* a partir das matrizes representativas dos *elementos constituintes* específicos. Dessa forma, confrontam-se as árvores das matrizes dos *elementos constituintes*, e compõe-se de forma automática a matriz resultante da *alternativa de PIR*, ligando a cada *elemento constituinte* a posição que a ele compete no quadro geral da alternativa. Se mais *elementos constituintes* têm a mesma árvore de linha, as matrizes

que os representam são colocadas paralelamente; se mais *elementos constituintes* têm a mesma árvore de colunas, as matrizes que os representam vêm colocadas em colunas. Desse modo, a matriz resultante tem como árvore de linha e de coluna respectivamente a reunião de todas as árvores de linha e de coluna presentes em pelo menos um dos *elementos constituintes*, e, portanto, as estimativas contidas nas células dos *elementos constituintes* são transferidas para as células correspondentes da matriz de avaliação das *alternativas de PIR*, que, no estudo de caso do próximo capítulo, mantém os 3 indicadores sócio-econômico-ambiental definidos anteriormente como componentes da árvore de linha.

Assim, os *elementos constituintes* estão representados pela seqüência de matrizes que descrevem a seqüência de relações de causa e efeito. A seqüência é definida p.ex. pelos seguintes pares de árvores: tecnologia de produção, conservação ou importação de energia (causa) por indicadores sócio-econômico-ambiental (efeito). Como poderia ser: perturbação do ambiente por índices ambientais; índices ambientais por índices ambientais; índices ambientais por atividades humanas influenciadas. Considerando-se qualquer um dos pares de *gráficos árvores* citados, pode-se isolar um conjunto de relações de causa e efeito, sobre o qual é possível fazer-se uma série de operações (enriquecimento dos *gráficos árvores*, seleção dos nós, colocação de estimativas, conversão, agregação, etc.). Os resultados das operações feitas nesta metodologia podem ser por sua vez memorizados pela seqüência de matrizes sucessivas, das quais as linhas e as colunas têm sempre o mesmo significado. Cada matriz representa a fase particular de elaboração do mesmo conjunto de relações de causa e efeito.

Embora a geração das *alternativas de PIR* possa ser feita em qualquer fase de cada um dos *elementos constituintes*, normalmente ela é realizada nas últimas fases, pois estes já devem estar com os símbolos convertidos em números, agregados, etc. Juntando os *elementos constituintes*, formam-se as diversas *alternativas de PIR* pois, p.ex., uma alternativa pode produzir energia por termelétricas ou por fontes renováveis, ou pode conter diversos planos de mitigação ou proteção do meio ambiente visando a menor poluição do ar (p. ex., ALT-Y de mitigação do ar), ou visando à despoluição dos rios (p. ex., ALT-Z de mitigação dos rios); etc.

Portanto, graças a um conjunto de agregações dos *elementos constituintes*, geram-se as *alternativas de PIR*, que é um vetor final, i.e., uma única coluna representativa de toda a alternativa. A árvore de coluna neste caso é única, p.ex., ALT-W, com os nós da árvore de linha que são os indicadores econômicos e sócio-ambientais, formando uma célula para cada um dos indicadores, que contêm uma estimativa do efeito total da alternativa sobre esse indicador. Para confrontar as *alternativas de PIR*, constrói-se a *matriz de avaliação*, que tem uma coluna em correspondência a cada um dos vetores finais (ALT-0, ALT-1, etc.) e tem como linhas o conjunto de todos os nós selecionados em pelo menos um dos vetores finais das *alternativas de PIR*.

Assim, a *matriz de avaliação*, contendo os vetores finais de cada *alternativa de PIR*, é usada como dado de entrada na APMO, com o intuito de organizar a fase de avaliação e auxiliar na escolha entre as diversas *alternativas de PIR* energéticas regionais.

### **3.3 - APMO: AVALIAÇÃO INTEGRADA E ESCOLHA ENTRE AS ALTERNATIVAS DE PIR**

Uma vez que a *matriz de avaliação* gerada no *software* GAIA já esteja tanto com os valores dos indicadores econômicos, quanto com os valores das conversões das externalidades (indicadores sócio-ambientais não mensuráveis), parte-se para a avaliação pelo *software* VISPA dentro da metodologia de APMO<sup>23</sup>.

Uma operação crucial é a transformação dos indicadores econômicos e sócio-ambientais (externalidades) em objetivos. É realizada pela aplicação de funções de utilidade, que visam eliminar prováveis variações de resultados da ordenação em função da magnitude da unidade de cada um dos indicadores.

---

<sup>23</sup> Baseado no método ELECTRE como apresentado no capítulo 2.

Utiliza-se no estudo de caso do capítulo 4 a função de utilidade padrão (*standard*), como mostra a Figura 3.2, na qual os indicadores são convertidos em objetivos que variam de 0 a 1 visando a maximização de todos eles. Portanto, é necessário transformar as emissões da matriz em valores negativos (multiplicados por -1, pois passaram a ser um objetivo de emissões evitadas) para também serem maximizados.

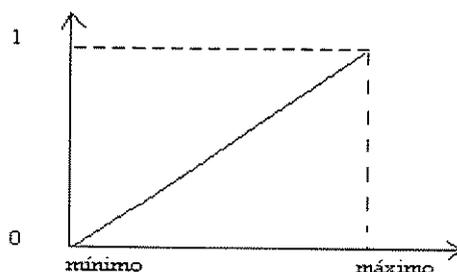


Figura 3.2 - Função de utilidade padrão (*standard*).

Dessa forma, a matriz de avaliação é convertida em valores no intervalo de 0 a 1 de acordo com sua mínima e máxima prestação, respectivamente. Entende-se que, caso a matriz de avaliação não possua indicadores codificados (não contabilizáveis), mas somente valores reais, o melhor seria não fazer nenhuma transformação, i.e., os indicadores seriam automaticamente os objetivos a serem avaliados (p. ex. seção 3.3.1).

Utilizando-se o critério de *Pareto* para a escolha ótima entre as *alternativas de PIR*, eliminam-se as *alternativas de PIR dominadas* por qualquer outra *alternativa de PIR* por não possuir nenhuma prestação<sup>24</sup> melhor. As diversas *alternativas de PIR* restantes (dominantes) são ordenadas segundo o método de Dominância Fraca (DF).

O método DF, portanto, requer a definição de pesos a serem atribuídos aos objetivos explicitados pelo decisor. Visando à obtenção de um ou mais vetores de pesos relativos aos objetivos, é necessária uma interação entre quem faz a análise do ponto de vista técnico, o decisor, os especialistas, os grupos sociais envolvidos, etc.

---

<sup>24</sup> São os valores contidos na matriz de avaliação (a conversão da função de utilidade com valores entre 0 e 1).

O *software* VISPA assume um conjunto de pesos como *default* (denominado *confronto aos pares*) distribuindo o mesmo peso para todos os objetivos ( $1/n$ , sendo  $n$  o número de objetivos). Além desse conjunto de pesos *default*, oferece-se a possibilidade de gerar qualquer conjunto de pesos com o intuito de obter a interação do decisor com todas as relações de pesos possíveis entre os objetivos avaliados<sup>25</sup>.

A área de DF é formada por 2 valores denominados  $S_c$  e  $S_d$ , que são a representação (entre 0 e 1) dos índices de concordância  $i(c)$  e de discordância  $i(d)$  absolutos, respectivamente, de cada *alternativa de PIR*. Esses índices absolutos são baseados nas matrizes dos índices de concordância (IC) e de discordância (ID). Verifica-se, dessa forma, que um índice absoluto é proveniente de uma matriz, uma vez que cada IC e ID é calculado em função da relação de uma única *alternativa de PIR* com outra, como será detalhado a seguir.

O cálculo do IC de uma alternativa em relação à outra é obtido somando-se os pesos dos objetivos pelos quais a primeira alternativa ( $h$ ) é preferível à segunda ( $k$ ), com a seguinte fórmula:

$$IC = c_{hk} = c(h, k) = (w^+)/(w^+ + w^- + w^0) \quad \text{[Equação 3.1]}$$

sendo  $h$  a alternativa analisada em relação à alternativa  $k$ ,  $w^+$  os pesos dos objetivos pelos quais a primeira alternativa ( $h$ ) é preferível à segunda ( $k$ ),  $w^-$  os pesos das alternativas que possuem prestação igual e  $w^0$  os pesos dos objetivos pelos quais a segunda alternativa ( $k$ ) é preferível à primeira ( $h$ ).

É possível, assim, construir a matriz de concordância, na qual um elemento genérico  $c_{hk}$  é o IC da alternativa  $h$  em relação à alternativa  $k$ .

---

<sup>25</sup> No estudo de caso, além do conjunto de pesos *default*, oferecem-se mais 36 conjuntos de pesos com o intuito de obter todas as relações de *pesos* possíveis entre os 3 objetivos avaliados, variando num intervalo de um peso para o outro de 0,1 em 0,1.

De forma análoga é possível construir a matriz de discordância. Para o cálculo do ID ( $d_{hk}$ ) da alternativa  $h$  em relação à alternativa  $k$ , é necessário individualizar o objetivo cuja diferença entre a prestação da alternativa ( $k$ ) e da alternativa ( $h$ ) fornece o maior valor. Portanto, o ID é respectivamente a diferença entre os objetivos pelos quais  $k$  é preferível a  $h$  e entre todos os objetivos, uma vez que é dividido pela maior diferença encontrada em qualquer um dos objetivos (linhas), independente de qual alternativa é maior ou menor. O ID é a relação entre os dois valores assim obtidos, definido pela seguinte fórmula:

$$ID = d_{hk} = d(h, k) = (\text{máximo intervalo pelo qual } h < k) / (\text{faixa total da escala}) \quad [\text{Equação 3.2}]$$

sendo  $h$  a alternativa analisada em relação à alternativa  $k$ .

Dessa forma, a cada alternativa  $h$  são associados dois índices absolutos, chamados de concordância  $i(c)$  e de discordância  $i(d)$ , calculados segundos as seguintes definições:

$$i_h^{(c)} = \sum_j c_{hj} - \sum_m c_{mh} \quad [\text{Índice absoluto de concordância}] \quad [\text{Equação 3.3}]$$

$$i_h^{(d)} = \sum_j d_{hj} - \sum_m d_{mh} \quad [\text{Índice absoluto de discordância}] \quad [\text{Equação 3.4}]$$

sendo  $h$  a alternativa analisada;  $m$ , os valores das linhas da matriz de  $c$  (concordância) e de  $d$  (discordância);  $j$ , os valores das colunas destas mesmas matrizes.

Portanto, o índice absoluto é o somatório dos valores da linha de determinada alternativa, diminuído do somatório dos valores da coluna. No caso,  $i(c)$  é uma medida de quanto a alternativa  $h$  prevalece sobre as outras, i.e., quanto mais alto é o seu valor, mais a alternativa  $h$  é satisfeita, pois os valores da linha da matriz IC mostram a proporção em que os pesos da alternativa em análise se sobressaem num confronto entre as prestações desta mesma alternativa em relação às outras, e, no caso dos valores das colunas da matriz IC é o contrário, i.e., quanto maior o valor, maior é o domínio das outras alternativas em relação àquela em análise.

Já o  $i(d)$  é a medida de sobrecrecimento total das outras alternativas, caso a decisão final seja de realizar a alternativa  $h$ ; portanto, quanto mais baixo é o seu valor, ainda mais  $h$  é satisfeita, porque os valores da linha da matriz ID de determinada alternativa são a diferença entre a prestação dela para com as outras *alternativas de PIR*, divididos pela maior diferença em qualquer um dos objetivos. E, o contrário acontece em relação aos valores da coluna da matriz ID, nos quais observam-se o quanto as outras alternativas são piores que a alternativa em análise.

Dessa forma é possível calcular duas novas ordenações das *alternativas de PIR*, baseadas respectivamente sobre o  $i(c)$  e sobre o  $i(d)$ .

A ordenação criada em relação ao conceito de área de DF (apêndice B) é baseada nesta propriedade: se uma alternativa  $k$  é dominada fracamente por uma outra alternativa  $h$  dentro de um par de valores de faixa  $Sc^\circ$  e  $Sd^\circ$ , também é dominada fracamente por todos os pares de valores de faixa tais que:

$$Sc \leq Sc^\circ$$

$$Sd \geq Sd^\circ$$

Considerando-se um quadrado de lado unitário, como o mostrado na Figura 3.3 (tipo espaço de decisão  $T$ ), se uma alternativa  $k$  é dominada no ponto  $A$  (com valores de faixa  $Sc=1$  e  $Sd=1$ ), também é dominada em todos os pontos do quadrado (dominância absoluta do critério de *Pareto*), i.e., com qualquer par de valores de faixa mais relaxados; se uma alternativa  $k$  é dominada no ponto  $B$ , pelos mesmos motivos é dominada em todos os pontos do retângulo interno (área de DF de cada *alternativa de PIR*).

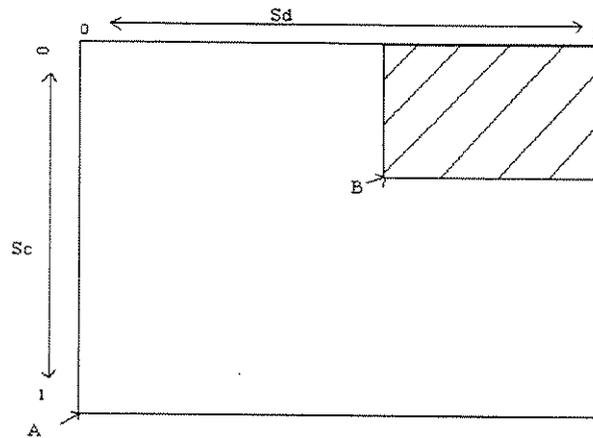


Figura 3.3 - Análise de área de DF da APMO.

Fonte: (COLORNI et al., 1988).

A metodologia APMO calcula para cada alternativa  $k$  a área de DF, i.e., a área dentro da qual a alternativa  $k$  é dominada por qualquer outra. A ordenação é criada à partir do fundo (final), i.e., da alternativa mais dominada segundo o conceito de DF, colocando-se no fim da ordenação as alternativas que possuem áreas de DF maiores e no alto (início) da ordenação as alternativas com áreas de DF menores.

No ponto  $A$ , a alternativa em análise é dominada totalmente por alguma outra *alternativa de PIR*. Ao decrescer de  $S_c$  e ao crescer de  $S_d$ , passa-se desse conceito de dominância absoluta (*Pareto*) para um conceito de DF. É evidente que o resultado depende fortemente dos valores de  $S_c$  e  $S_d$  e de sua representação gráfica (gráfico de duas dimensões,  $R_2$ ).

Dessa forma, passa-se de um critério em que as *alternativas de PIR* são dominadas absolutamente e portanto eliminadas numa primeira fase desta APMO, para um critério de DF (quanto menor a área de DF melhor, i.e., o melhor é estar o mais próximo possível do ângulo superior direito), quando se analisam as áreas de DF, que são baseadas nas matrizes de índice de concordância (IC) e índice de discordância (ID) e assim nas faixas:  $S_c$  que varia de  $0$  a  $1$ , tendo o  $0$  como melhor valor; de forma oposta,  $S_d$  que também varia de  $0$  a  $1$ , porém tendo o  $1$  como melhor valor.

Utiliza-se o método de filtragem numa tentativa de reverter a lógica dos tradicionais EIAs apresentados no capítulo anterior pois, ao invés de determinar diretamente a alternativa ótima entre todas aquelas em exame, eliminam-se pouco a pouco as piores ou também aquelas que pouco satisfazem, e reinicia-se a avaliação com as *alternativas de PIR* restantes (STEUER, 1986). Mais uma vez é importante salientar que o objetivo principal deste trabalho é o método e não o resultado, que exigiria análise mais profunda (outros parâmetros, objetivos, avaliações, etc.) e, para melhor explicar a metodologia de cálculo utilizada pela APMO, i.e., a ordenação por área de DF do *software* VISPA, apresenta-se na seqüência um exemplo de cálculo das matrizes de concordância e discordância e da ordenação pelo gráfico R2 de área de DF.

### 3.3.1 - Exemplo de Cálculo dos Índices de Concordância e de Discordância e respectivo Gráfico de DF

O exercício de cálculo propõe que um decisor ordene algumas alternativas para melhor atender aos requisitos de serviços de energia de determinada região em função de 3 objetivos: a busca do maior  $B_{liq}$ , o maior número de emprego gerado e a menor emissão de  $CO_2$  (maior emissão evitada), sendo que, após a verificação pelo critério de *Pareto*, eliminaram-se as alternativas dominadas restando somente as 9 *alternativas de PIR* arranjadas pelo decisor numa matriz de avaliação (Tabela 3.10 na qual as unidades dos objetivos são: objetivo  $B_{liq}$  em bilhões de US\$/ano; objetivo emissão evitada regional em bilhões de  $tCO_2$ /ano; objetivo geração de empregos regionais em 100.000 de US\$ 10.000 por ano) para analisar a problemática regional.

Tabela 3.10 - Exercício - matriz de avaliação para uma APMO.

Objetivo/ Alternativa	ALT- 5	ALT- 6	ALT- 8	ALT- 9	ALT- 10	ALT- 11	ALT- 12	ALT- 20	ALT- 21
- $B_{liq}$	0,076	0,075	0,036	0,024	-0,012	-0,105	-0,036	0,077	0,085
- emprego	0,110	0,068	0,210	0,140	0,137	0,173	0,100	0,063	0,077
- $CO_2$ evit.	0,002	0,006	-0,006	-0,004	0,002	-0,002	0,006	0,006	0,005

Essas 9 *alternativas de PIR* são constituídas pelas seguintes tecnologias de produção, importação e conservação (GLD):

ALT-5 é constituída de GLD (4 TWh) e da UTE-GN<sup>26</sup> (2 TWh).

ALT-6 é constituída de GLD máxima (5 TWh) e de fontes renováveis<sup>27</sup> (1 TWh).

ALT-8 é totalmente de termelétricas: UTE-GN (2 TWh) e duas UTE-OC<sup>28</sup> (4 TWh).

ALT-9 é a UTE-GN (2 TWh), a UTE-OC (2 TWh) e 2 TWh de importação.

ALT-10 é a UTE-GN (2 TWh) com 4 TWh de fontes renováveis.

ALT-11 é a UTE-GN (2 TWh), a UTE-OC (2 TWh) e 2 TWh de energia solar.

ALT-12 é toda de fontes renováveis (6 TWh).

ALT-20 são as PCHs (0,2 TWh), GLD máxima (5 TWh) e fontes renováveis (0,8 TWh).

ALT-21 são as PCHs (0,2 TWh), GLD máxima (5 TWh) e UTE-GN (0,8 TWh).

O decisor atribui um conjunto de pesos, relacionados na Tabela 3.11, em função de uma política que visa a preocupação maior com o meio ambiente, para seguir com a APMO.

*Tabela 3.11 - Exercício - vetor de pesos.*

<b>Objetivos</b>	<b>Pesos (w)</b>
Obj. 1 - $B_{iij}$	0,2
Obj. 2 - <b>emprego</b>	0,2
Obj. 3 - <b>emissão de CO<sub>2</sub> evitada</b>	0,6

*Obs.: Somatório (dos pesos w) igual a 1.*

O índice de concordância (IC) de uma alternativa em relação à outra obtém-se somando os pesos dos objetivos pelos quais a primeira alternativa é preferível à segunda, i.e., possui uma prestação<sup>29</sup> maior (equação 3.1).

---

<sup>26</sup> Usina termelétrica queimando gás natural.

<sup>27</sup> Considerado aqui como a queima do bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar.

<sup>28</sup> Usina termelétrica queimando óleo combustível ultraviscoso.

<sup>29</sup> Prestação que é definida pelo valor qualitativo ou quantitativo do respectivo objetivo, sendo o valor da causa em relação ao efeito da tabela 3.10.

Dessa forma, a ALT-5 é preferível (pois possui prestação maior) à ALT-6 nos objetivos 1 ( $B_{1iq}$ ) e 2 (geração de empregos). Somam-se os pesos relacionados a esses objetivos, que são 0,2 e 0,2, e divide-se pela soma total dos pesos que é igual a 1, dando um índice de concordância de 0,40, e assim por diante para todas as *alternativas de PIR*.

Assim é possível construir a matriz de concordância (Tabela 3.12), na qual um elemento genérico  $c_{hk}$  é o IC da alternativa  $h$  em relação à alternativa  $k$ .

Tabela 3.12 - Exercício - cálculo do IC.

Alt h/k	ALT -5	ALT -6	ALT -8	ALT -9	ALT -10	ALT- 11	ALT- 12	ALT -20	ALT- 21
ALT-5	-	0,400	0,800	0,800	0,800	0,800	0,400	0,200	0,200
ALT-6	0,600	-	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,600
ALT-8	0,200	0,200	-	0,400	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200
ALT-9	0,200	0,200	0,600	-	0,400	0,200	0,400	0,200	0,200
ALT-10	0,800	0,200	0,600	0,600	-	0,800	0,400	0,200	0,200
ALT-11	0,200	0,200	0,600	0,800	0,200	-	0,200	0,200	0,200
ALT-12	0,600	0,800	0,600	0,600	0,600	0,800	-	0,800	0,800
ALT-20	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	-	0,600
ALT-21	0,800	0,400	0,800	0,800	0,800	0,800	0,200	0,400	-

De forma análoga pode-se construir a matriz de discordância definida pela equação 3.2. Para calcular-se o ID, p.ex. da ALT-5 em relação à ALT-6, é necessário individualizar o objetivo pelo qual é máxima a diferença entre a prestação de um específico objetivo da ALT-6 menos a prestação do respectivo objetivo da ALT-5, que, nesse caso, é o objetivo 3, e dividi-lo pela maior diferença entre os objetivos dessas duas alternativas, que pode ser tanto a diferença da prestação da ALT-6 menos a prestação da ALT-5 quanto a diferença da prestação da ALT-5 menos a prestação da ALT-6, que, nesse caso, está no objetivo 2, resultando assim no seguinte cálculo:

ALT-6    ALT-5    ALT-5    ALT-6

$$ID(5,6)CO_2 \text{ evitado} = (0,006 - 0,002) / (0,110 - 0,068) = 0,095$$

Caso haja dois cálculos, como no caso do ID da ALT-6 em relação à ALT-5, toma-se o maior valor entre os dois, como p.ex.:

ALT-5    ALT-6    ALT-5    ALT-6

$$ID(6,5)B_{liq} = (0,076 - 0,075) / (0,110 - 0,068) = 0,024$$

$$ID(6,5)\text{geração de empregos} = (0,110 - 0,068) / (0,110 - 0,068) = 1,000$$

(maior valor)

Assim, constrói-se a matriz de discordância, que neste exercício resulta na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Exercício - cálculo do ID.

Alt h/k	ALT -5	ALT -6	ALT -8	ALT -9	ALT -10	ALT- 11	ALT- 12	ALT -20	ALT- 21
ALT-5	-	0,095	1,000	0,577	0,307	0,348	0,036	0,085	0,273
ALT-6	1,000	-	1,000	1,000	0,793	0,583	0,288	0,400	1,000
ALT-8	0,400	0,275	-	0,029	0,110	0,028	0,109	0,279	0,368
ALT-9	1,000	0,708	1,000	-	0,167	0,256	0,167	0,688	0,968
ALT-10	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,387	0,108	1,000	1,000
ALT-11	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,945	1,000	1,000
ALT-12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000
ALT-20	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831	0,604	0,327	-	1,000
ALT-21	1,000	0,100	1,000	1,000	0,619	0,505	0,190	0,071	-

## Capítulo 4

### Estudo de Caso - *Relatório PIR-RBPC*

Este capítulo apresenta um estudo de caso regional, seguindo a metodologia de *Relatório PIR* proposta no capítulo anterior e atendendo aos objetivos de oferecer ferramentas de auxílio à tomada de decisões para investimentos na área energética, incorporando explicitamente as alternativas do lado da demanda e da oferta e algumas variáveis ambientais e sociais.

Propõe-se que o decisor do setor energético desenvolva um *Relatório PIR-RBPC* para a região das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba e Capivari (RBPC), apoiando-se nos princípios e concepções do PIR, nos critérios de um EIA com análise de múltiplos indicadores (GAIA) e na APMO.

Com a finalidade de facilitar o entendimento da metodologia, este estudo de caso de caráter regional quantifica as variáveis citadas no capítulo anterior<sup>30</sup> procurando avaliar diferentes propostas de expansão e conservação de serviços de energia, considerando os seguintes objetivos:

- I- econômico, pela análise do benefício líquido ( $B_{liq}$ );
- II- externalidade ambiental, pelas emissões evitadas de  $CO_2$ ;
- III- externalidade social, pela geração de empregos.

---

<sup>30</sup> Com diversas hipóteses, não aprofundando a discussão de cada um dos múltiplos objetivos econômicos e externalidades, pois, neste estudo de caso, é visado a aplicação da metodologia de *Relatório PIR* e não os resultados.

Portanto, a metodologia apresentada no capítulo 3 é aplicada com o objetivo de gerar *alternativas de PIR* para analisar o problema energético-ambiental-social definido pelo decisor após a caracterização regional.

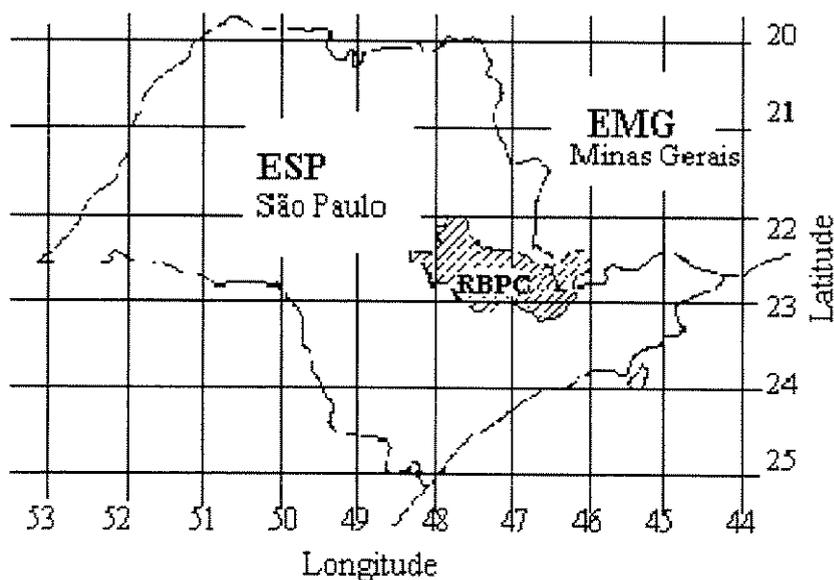
#### **4.1 - CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA-EXTERNALIDADES (P. EX. CO<sub>2</sub>) DA REGIÃO RBPC**

A UNICAMP, durante os anos de 1996 e 1997, realizou amplo estudo na RBPC. Esse estudo interdisciplinar, coordenado pelo NEPAM (1997), contou com a participação de várias faculdades e institutos, inclusive com o PSE/FEM. Resumidamente, verificou-se uma diferença nas preocupações de um município para outro que estão freqüentemente associadas a problemas sociais locais - da pobreza, da saúde, da violência, do desemprego, etc.

Na RBPC, a proposta de desenvolvimento regional levando em consideração as externalidades ainda não passou de um *slogan* da moda, necessitando da implementação de medidas corretivas e preventivas. Além disso, existe um metabolismo (dinâmica) regional que durante a última década formou uma rede urbana muito densa na região de Campinas. O estabelecimento de indústrias em várias localidades teve de basear-se num consumo crescente de combustíveis. Esse processo de acumulação de capital e de urbanização também se baseou em consumo crescente de eletricidade, obtida por meio de combustíveis nas termelétricas pioneiras, nas casas de força de algumas indústrias e, principalmente, a partir da força hidráulica dos rios da RBPC e de outras regiões (importação). Dessa forma, os problemas da região RBPC são variados e complexos, destacando-se a amplitude, a extensão e a inter-relação dos problemas encontrados numa visão panorâmica da qualidade ambiental e do desenvolvimento regional (NEPAM, 1997).

Aproveitando-se da experiência e do trabalho desenvolvido pela UNICAMP, verifica-se a necessidade de um *Relatório PIR-RBPC* com metodologia de tomada de decisão numa APMO.

Como se pode verificar no apêndice E, a RBPC é formada por 44 rios, córregos e ribeirões, situados nas áreas territoriais de 52 municípios do estado de São Paulo (ESP) e 4 do estado de Minas Gerais (EMG), sendo todos os municípios paulistas pertencentes à região administrativa de Campinas (RAC), que totalizam uma área de 14.312 km<sup>2</sup>, com aproximadamente 3,26 milhões de habitantes em 1995. A Figura 4.1 mostra a localização geográfica da área dos municípios dentro do ESP e do EMG.



*Figura 4.1 - Localização da RBPC no ESP e EMG.*

A RBPC possui localização privilegiada, sendo área prioritária para os investimentos nacionais e internacionais e, por essa razão, foi importante sua escolha para a realização de um amplo estudo de PIR. A idéia é promover a substituição parcial de combustíveis de efeitos ambientalmente agressivos atualmente consumidos nesses municípios, após um levantamento dos potenciais da região e da comprovação das possibilidades de aproveitamento dos combustíveis menos agressivos ao meio ambiente com base nas atuais tecnologias e a custos compatíveis com os utilizados atualmente.

Iniciou-se este estudo de caso com uma caracterização regional, que foi definido anteriormente com uma avaliação sobre o consumo energético e respectiva contribuição da RBPC na externalidade-emissões de CO<sub>2</sub>. Portanto, foi necessário fazer uma pesquisa nos órgãos competentes para analisar-se o consumo por fonte energética. Se a região fosse um Estado seria possível encontrar todos os dados no balanço energético estadual, porém, a região estudada aqui é composta por duas bacias hidrográficas que reúnem certo número de municípios de diferentes Estados (ESP e EMG); dessa forma, buscou-se os dados no Departamento Nacional de Combustíveis (DNC), que possui informação sobre as vendas por tipo de combustíveis e por município.

Essas vendas, consideradas neste estudo de caso como sendo o consumo energético, proporcionaram o cálculo das respectivas emissões de CO<sub>2</sub> (segundo a metodologia GGIS/IPCC apresentada no capítulo anterior), que são tão discutidas e importantes na atualidade por serem as principais causadoras do efeito estufa. Tais emissões são passíveis de planejamentos que as controlem e/ou as mitiguem dentro do setor energético, contribuindo assim para solucionar não só um problema regional mas também um problema global de aquecimento.

Dessa forma, foi feita análise mais detalhada do consumo energético e respectiva externalidade-emissão de CO<sub>2</sub> da região RBPC, dados estes que subsidiarão a estruturação num guia de avaliação de impacto ambiental (metodologia do *software* GAIA) das *alternativas de PIR* com posterior tomada de decisão com APMO (metodologia do *software* VISPA).

#### **4.1.1 - Consumo de Energia e Externalidade-emissão de CO<sub>2</sub>**

O consumo de energia elétrica e respectiva emissão de CO<sub>2</sub> da RBPC (que está mais detalhado no apêndice F) consta na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Consumo de energia elétrica e respectiva emissão de CO<sub>2</sub> na RBPC em 1995.

Município	Setor	Consumo de eletricidade (GWh)	Emissão -tCO <sub>2</sub>
Campinas	residencial	691	27.640
Piracicaba	residencial	208	8.320
Limeira	residencial	129	5.160
Americana	residencial	118	4.720
<b>RBPC</b>	<b>residencial</b>	<b>2.060</b>	<b>82.400</b>
Americana	industrial	850	34.000
Limeira	industrial	823	32.920
Piracicaba	industrial	688	27.520
Campinas	industrial	625	25.000
<b>RBPC</b>	<b>industrial</b>	<b>5.671</b>	<b>226.840</b>
Campinas	comercial	391	15.640
Piracicaba	comercial	87	3.480
Limeira	comercial	55	2.200
Americana	comercial	47	1.880
<b>RBPC</b>	<b>comercial</b>	<b>867</b>	<b>34.680</b>
Jaguariúna	rural	32	1.280
Atibaia	rural	27	1.080
Campinas	rural	21	840
<b>RBPC</b>	<b>rural</b>	<b>287</b>	<b>11.480</b>
Campinas	outros	237	9.480
Piracicaba	outros	77	3.080
Louveira	outros	62	2.480
<b>RBPC</b>	<b>outros</b>	<b>820</b>	<b>32.800</b>
<b>TOTAL</b>		<b>9,7 TWh</b>	<b>0,38 MtCO<sub>2</sub></b>

Fonte : (CESP, 1997).

Assumindo que os setores da economia corroboram com as emissões de CO<sub>2</sub> pelo fato de consumirem eletricidade proveniente de termelétricas, e baseado no fator de emissão médio para as termelétricas de 1 tCO<sub>2</sub>/MWh (ECON, 1997c) e considerando que a eletricidade seja proveniente 96% de hidrelétricas e 4% de termelétricas (CARVALHO, 1998), supõe-se que a emissão seja de 40 tCO<sub>2</sub>/GWh elétricos consumidos.

O setor industrial é o maior emissor de CO<sub>2</sub> devido ao consumo de eletricidade, seguido pelos setores residencial e comercial. Pode-se também observar que o maior consumidor de eletricidade no setor industrial é o município de Americana, seguido pelos de Limeira, Piracicaba e Campinas, sendo que esses 4 municípios são os maiores consumidores dos 3 principais setores citados anteriormente. Dessa forma, tem-se o município de Campinas como maior emissor de CO<sub>2</sub> da RBPC devido ao consumo de energia elétrica, seguido pelos municípios de Piracicaba, Americana e Limeira.

Segundo JANNUZZI et alii (1997), o consumo total de combustível renovável sólido (bagaço de cana-de-açúcar) na RBPC foi de 40.558 TJ em 1995. Com relação ao consumo de biomassa líquida (detalhado no apêndice G<sup>31</sup>), tem-se o álcool hidratado com 10.871 TJ consumidos (e 5.165 TJ exportados totalizando 16.036 TJ produzidos em 1995) e o álcool anidro aditivo da gasolina que, com aproximadamente 20%, soma um consumo de 4.940 TJ.

No município de Paulínia encontra-se a Refinaria do Planalto (REPLAN), que é a maior do Brasil e que deixa a RBPC com boa disponibilidade de combustíveis fósseis (derivados do petróleo - listados no apêndice H<sup>32</sup>).

Para proporcionar uma análise da externalidade-emissão de CO<sub>2</sub>, utilizam-se os fatores de conversão do *software* GIS do IPCC, que, neste estudo de caso, podem resumir-se aos fatores de conversão listados na Tabela 4.2 (já descontado o carbono não oxidado).

---

<sup>31</sup> Seguindo a proposta metodológica da tabela 3.1 pode-se fazer a análise do consumo por município, porém, para facilitar a leitura, esses dados estão no apêndice G.

<sup>32</sup> A RBPC não produz petróleo, mas importa o petróleo, que será refinado, e exporta boa parte de sua produção de derivados. Da mesma forma que foi feito na tabela 3.1, pode-se fazer a análise do consumo por município, porém, para facilitar a leitura, esses dados estão no apêndice H.

Tabela 4.2 - Fatores de conversão tCO<sub>2</sub>/TJ.

Combustível	tCO <sub>2</sub> /TJ	Combustível	tCO <sub>2</sub> /TJ	Combustível	tCO <sub>2</sub> /TJ
Óleo Combustível	76,6	Diesel	73,4	Biomassa Sólida	109,1
Querosene	71,2	Gasolina	68,6	Biomassa Líquida	73,0
GLP e Butano	62,5	Gás Natural	63,0		

Fonte: (IPCC, 1995a e 1995b).

Dessa forma, a Tabela 4.3 sintetiza os dados de consumo dos combustíveis fósseis, bagaço da cana-de-açúcar consumida e replantada e álcool consumido, replantado e exportado (que fixam na RBPC o CO<sub>2</sub> tanto da cana-de-açúcar consumida quanto da exportada) e respectiva emissão (incluindo a da eletricidade).

Tabela 4.3 - Análise energética-externalidade (CO<sub>2</sub>) na RBPC em 1995.

Combustível	Consumo (TJ)	CO <sub>2</sub> Emitido <sup>[a]</sup> (MtCO <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub> Fixado <sup>[b]</sup> (MtCO <sub>2</sub> )	Balanco <sup>[c]</sup> (MtCO <sub>2</sub> )
Diesel	33.076	2,43	--	2,43
Gasolina	19.764	1,36	--	1,36
GLP e Butano	11.199	0,70	--	0,70
Óleo Combustível	33.180	2,54	--	2,54
Querosene	6.139	0,44	--	0,44
Biomassa Sólida	40.588	4,42	4,42	0,00
Biomassa Líquida	15.811	1,16	1,54	- 0,38
Eletricidade		0,38		0,38
<b>TOTAL RBPC</b>	<b>159.823</b>	<b>13,43</b>	<b>5,96</b>	<b>7,47</b>

Notas: [a] CO<sub>2</sub> emitido pelo consumo dos combustíveis na RBPC; [b] CO<sub>2</sub> retirado da atmosfera com o plantio de combustíveis renováveis na RBPC, não considerando aqui a diferença devido ao carbono não oxidado; [c] CO<sub>2</sub> emitido menos o fixado.

Fonte: (DNC, 1996; BEN, 1996).

Resumidamente<sup>33</sup> verifica-se que o maior consumo é o do combustível biomassa sólida, o qual possui uma externalidade-emissão de CO<sub>2</sub> final nula<sup>34</sup>. O álcool hidratado, além de ser considerado com externalidade-emissão nula, ainda fixa 0,38 MtCO<sub>2</sub> na RBPC devido à parte produzida nesta região, porém emitida em outra onde é consumida. Das emissões de CO<sub>2</sub> não fixadas tem-se o óleo combustível como o mais consumido e o maior emissor, seguido de perto pelo óleo diesel e pela gasolina.

Portanto, como foi descrito por JANNUZZI et alii (1996), a RBPC, do ponto de vista energético, tem 4 características fundamentais:

- I- A região é grande consumidora de praticamente todos os energéticos, devido principalmente ao seu elevado grau de industrialização.
- II- Grande quantidade de refino de petróleo na REPLAN.
- III- Produz parte significativa de todo o bagaço de cana-de-açúcar e álcool do ESP, suficiente para atender à demanda regional e exportar para outras localidades do Estado e do País.
- IV- Importa a maior parte da energia elétrica que utiliza, como pode ser analisado pela Tabela 4.4.

---

<sup>33</sup> Análises mais detalhadas do consumo e, portanto, distinções entre as emissões de CO<sub>2</sub>, encontram-se no apêndice F (energia elétrica), apêndice G (biomassa) e apêndice H (derivados de petróleo).

<sup>34</sup> A metodologia IPCC do *software* GGIS anula as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes dos fatores da biomassa (sólida e líquida) consumida energeticamente, reutilizando este fator no setor denominado *Uso do Solo*, caso esta biomassa não seja replantada.

Tabela 4.4 - Produção de energia elétrica na RBPC em 1995.

Nome da Usina	Empresa Proprietária	Bacia de Localização	Produção (GWh)	Potência (MW)
<b>Hidroelétrica</b>				
Americana	CPFL	Piracicaba	84	33,60
Jaguari	CPFL	Piracicaba	32	14,40
Salto Grande	CPFL	Piracicaba	24	3,53
Cariobinha	CPFL	Piracicaba	3	1,20
<b>Subtotal</b>			<b>143</b>	<b>52,73</b>
<b>Térmica</b>				
Cariobinha	CPFL	Piracicaba	30	36,00
<b>Cogeração</b>				
8 Autoprodutores (com excedente)	CPFL	Piracicaba	57	14,00
<b>TOTAL</b>			<b>230</b>	<b>102,73</b>

Fonte : (ESTADO DE SÃO PAULO, 1997; CPFL, 1996).

A RBPC realmente possui pequena produção regional de energia elétrica em 1995, necessitando importar 9.475 GWh de outras regiões. Dessa forma, após a caracterização energética-externalidade (CO<sub>2</sub>) regional, é necessário definir o problema.

#### 4.1.2 - Definição do Problema e dos Múltiplos Objetivos

Quais as melhores *alternativas de PIR* (produção, GLD, etc.), em função da análise do benefício líquido, da geração de empregos e das emissões evitadas de CO<sub>2</sub>, para solucionar um *aumento da demanda futura prevista* de eletricidade num horizonte de 10 anos?

## 4.2 ALTERNATIVAS DE PIR - SOFTWARE GAIA (GUIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL)

Com a geração das *alternativas de PIR* com o GAIA inicia-se a estruturação dos planejamentos dentro dos critérios de um EIA, baseando-se numa organização dos *elementos constituintes*. Seguindo a metodologia apresentada no capítulo 3, como exemplificação, foi utilizada a tabela 3.7 de codificação para o objetivo geração de empregos, lembrando que os valores podem ser modificados a qualquer momento da análise. Tem-se, dessa forma, na Tabela 4.5, a conversão da estimativa qualitativa em números.

Tabela 4.5 - Codificação para o objetivo emprego.

Código (vocabulários)	Valor (números)
nenhum	0
poucos	100
muitos	10.000

### 4.2.1 - Elementos Constituintes

O PIR é o desenvolvimento combinado da oferta de eletricidade e de opções de GLD, possuindo um contexto de planejamento no qual os programas de eficiência energética (tipo GLD/conservação de eletricidade) são desenvolvidos e implementados mais efetivamente (JANNUZZI et al., 1997a). Seguindo a metodologia de PIR e GAIA, analisam-se as propostas de GLO e de GLD com relação à energia elétrica, aqui definidas como *elementos constituintes*, que compõem as *alternativas de PIR* deste estudo. O *software* GAIA ajudou a estruturar os *elementos constituintes* e as *alternativas de PIR* regionais dentro dos conceitos dos EIAs. Resumidamente, buscou-se gerar *alternativas de PIR* para o contínuo aumento da demanda de energia elétrica na RBPC.

Portanto, as *alternativas de PIR* são constituídas pelos chamados *elementos constituintes*, que são propostas individuais de produção ou de GLD. Inicialmente, definiu-se trabalhar com o consumo de energia elétrica e com o GLD de conservação regional de energia elétrica, visando à potencial redução deste consumo com conseqüente diminuição da dependência da importação de eletricidade (de fora da região RBPC), devido ao crescimento do consumo nos próximos 10 anos. Dessa forma, todas as *alternativas de PIR* foram geradas visando a um horizonte de 10 anos, i.e., o ano 2005.

Assumindo um cenário com a mesma estrutura de produção atual com 230 GWh e um crescimento médio de aproximadamente 5% ao ano na demanda total de energia elétrica, ter-se-á para o ano de 2005 uma demanda de 15.749 GWh e, portanto, o aumento na demanda futura prevista de 6.045 GWh que, caso não seja planejado, aumentará a demanda importada total para 15.519 GWh em 2005.

Portanto, as *alternativas de PIR* devem ser geradas para produzir ou evitar este aumento na demanda futura prevista de 6.045 GWh nos próximos 10 anos. A ALT-0 (*alternativa de PIR zero*), que se supõe ser a tendência normal, importaria o aumento na demanda futura prevista, o que agravaria a dependência externa da RBPC. Dessa forma, propõe-se inicialmente a continuidade da situação atual, planejando-se uma importação do aumento na demanda futura prevista (Tabela 4.6) para os próximos 10 anos.

Tabela 4.6 - Elemento constituinte - Importação máxima.

Objetivos/Proposta	Importação máxima	por kWh [b]
- Energia (TWh)	6,05	100% [b]
- Benefício (milhões US\$) [a]	217,62	36 US\$
- Custo (milhões US\$)	217,62	36 US\$
- Emissão regional (MtCO <sub>2</sub> )	0,00	0 tCO <sub>2</sub>
- Empregos regionais (1.000 de 10.000 US\$/ano)	nenhum	nenhum

Nota: [a] Supondo que a eletricidade seja importada pela concessionária e vendida a seus consumidores num preço médio de US\$ 36/MWh. [b] Proposta suficiente para atender 100% do aumento de demanda futura prevista.

A continuidade de importação dos 6.045 GWh no ano de 2005 estaria emitindo 6 MtCO<sub>2</sub>, caso fosse produzida totalmente por termelétricas em alguma outra região. Com esta proposta, não existe geração de empregos na RBPC e nem emissão regional<sup>35</sup> de CO<sub>2</sub>.

Outras *alternativa de PIR* são constituídas pelo *elemento constituinte* GLD de conservação de eletricidade nos principais setores econômicos da RBPC que, como foi visto na caracterização regional, são os setores industrial, residencial e comercial

#### 4.2.1.1 - GLD de Conservação de energia elétrica

Baseado na caracterização regional feita anteriormente e supondo taxa de crescimento na demanda nos 3 principais setores consumidores de aproximadamente 5% ao ano, observa-se que um estudo de GLD de conservação de energia elétrica, para o ano 2005, deve ser feito sobre a demanda futura prevista de 3.475 GWh para o setor residencial, 1.462 GWh para o setor comercial e 9.637 GWh para o setor industrial.

Cada programa de eficiência por tecnologia (uso-final) tem um custo e um potencial de redução diferente, como se pode ver no apêndice I, que detalha o potencial de conservação da região RBPC, possibilitando gerar cenários de conservação de eletricidade e de emissões de CO<sub>2</sub><sup>36</sup> para o ano de 2005 dentro de uma *análise por uso-final*. A Tabela 4.7 apresenta a síntese desses dados na suposição que se faça um cenário técnico, i.e., todo tipo de programa de conservação independente do custo, do potencial de conservação, do uso-final, do subsetor e dos municípios da RBPC (JANNUZZI et al., 1997a).

---

<sup>35</sup> Regional, pois tem-se a emissão global devido à produção fora da RBPC, que exporta eletricidade para essa região em estudo.

<sup>36</sup> Baseado no fator de emissão médio para as termelétricas de 1 tonelada de CO<sub>2</sub> por MWh e supondo que toda a eletricidade seria produzida por termelétricas, evitar-se-ia uma emissão de 1000 tCO<sub>2</sub>/GWh (ECON, 1997c).

Tabela 4.7 - Demanda, conservação de energia e emissão evitada de CO<sub>2</sub> na RBPC em 2005.

Município	Setor	Demanda de eletricidade futura (2005) prevista (GWh)	Uso-final % redução	Energia conservada (GWh)	Emissão evitada (MtCO <sub>2</sub> )	Custo (10 <sup>6</sup> US\$)
Uso-final	subsetor					
Geladeira	residencial	1.183	35	414	0,4	12
Chuveiro	residencial	678	20	136	0,1	2
Televisão	residencial	412	15	62	0,1	3
<b>RBPC</b>	<b>residencial</b>	<b>3.475</b>	<b>29</b>	<b>1.000</b>	<b>1,0</b>	<b>29</b>
Força motriz	alimentos e bebidas	1.277	50	639	0,6	10
Forno	metalurgia	753	10	75	0,1	1
Força motriz	química	598	50	299	0,3	5
<b>RBPC</b>	<b>industrial</b>	<b>9.637</b>	<b>34</b>	<b>3.300</b>	<b>3,3</b>	<b>57</b>
Iluminação	escritórios	154	60	92	0,1	2
<b>RBPC</b>	<b>comercial</b>	<b>1.462</b>	<b>55</b>	<b>800</b>	<b>0,8</b>	<b>17</b>
<b>TOTAL</b>				<b>5.100</b>	<b>5,1</b>	<b>103</b>

Fonte: (UGAYA, 1996; AAE, 1990; PROCEL, 1989; JWCA, 1989; QUEIROZ et al., 1997; CESP, 1997).

Supondo um fator de 1 emprego em programa de conservação por GWh conservado (VIZHÑAY, 1996), geram-se 3.295 empregos no setor industrial e tem-se o custo de conservar energia (CCE) médio de 17 US\$/MWh; geram-se 1 mil novos empregos na região no setor residencial a um CCE médio de 29 US\$/MWh; geram-se 799 novos empregos no setor comercial a um CCE médio de 22 US\$/MWh. Outro dado complementar é o investimento por emprego no setor que, neste caso, será igual a US\$ 10 mil por ano. Dessa forma, pensando no meio ambiente, tem-se a construção do *elemento constituinte* da Tabela 4.8 de conservação máxima (GLD).

Tabela 4.8 - Elemento constituinte - GLD de conservação de energia elétrica.

Objetivos/Proposta	GLD máximo	por kWh
- Energia (TWh)	5,10	84% [b]
- Benefício (milhões US\$) [a]	183,46	36 US\$
- Custo (milhões US\$)	102,81	20 US\$
- Emissão regional (MtCO <sub>2</sub> )	-5,10	- 1 gCO <sub>2</sub>
- Empregos regionais (1.000 de 10.000 US\$/ano)	5,10	1x10 <sup>-6</sup> emp. [c]

Notas: [a] O benefício aqui é o social, i.e., o que o consumidor deixa de gastar (custo evitado). Caso se queira analisar o benefício da concessionária, o GLD seria importante para evitar os "picos". [b] Essa proposta atende até 84% do aumento de demanda futura prevista. [c] 1 emprego de US\$ 10.000 por GWh.

O GLD de conservação de energia elétrica não acarreta emissões na RBPC e nem fora dessa região (emissão global nula), pois não exige produção de energia elétrica, evitando emissões caso se opte pela não-construção de termelétricas. Isto proporcionaria benefícios ambientais e financeiros para os investidores e ainda geraria empregos em programas de conservação.

Uma vez que o gasoduto Brasil-Bolívia passará pela RBPC, tendo um entroncamento na cidade de Paulínia, o segundo *elemento constituinte* aqui apresentado é o da UTE-GN (CORREIO POPULAR, 1997a).

#### 4.2.1.2 - Fóssil - Termelétrica queimando gás natural (UTE-GN)

Em 1994, tinham-se 3 milhões de m<sup>3</sup> de GN por dia provenientes de Campos (Estado do Rio de Janeiro - ERJ) e Santos (ESP). Esse valor, ofertado para a produção de energia elétrica era aproximadamente 30% da produção total das bacias. O Plano Nacional do Gás - Plangás - planejou para 1994/95 uma disposição de 3,9 milhões de m<sup>3</sup>/dia (portanto, tendo conseguido quase 77% do planejado em 1990). Segundo o ESTADO DE SÃO PAULO (1997), o GN é um combustível que possui facilidade de instalação em módulos em prazos reduzidos; tem elevada eficiência quando associado a ciclo combinado; acarreta baixo nível de agressão ao meio ambiente, quando comparado a outras soluções; possui custo reduzido, além de alta densidade energética.

Prevê-se um aumento, devido ao GN proveniente da Bolívia, de 1,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia em 1996, 1997 e 1998 e um total de 7 milhões de m<sup>3</sup>/dia após 1999 (inclusive em 2005). Caso o gás venha para a RBPC, ter-se-á aproximadamente 165 MW até 1999, quando poderá passar para 770 MW, que, a um custo de 30 US\$/MWh e um fator de capacidade de 30% fornece energia anual de 428 GWh e 2.000 GWh a um custo total de 13 e 60 milhões de US\$, respectivamente (ESTADO DE SÃO PAULO, 1997; UGAYA, 1996), com uma emissão anual de 0,4 e 1,8 MtCO<sub>2</sub>, respectivamente num fator de emissão de 63 tCO<sub>2</sub>/TJ (BEESP, 1996a; IPCC, 1995a; IPCC, 1995b).

A UTE-GN de 2.000 GWh geraria 3.500 novos empregos diretos e indiretos (CESP, 1990) com um investimento por emprego no setor químico ou petroquímico, sendo, neste caso da UTE-GN, de aproximadamente US\$ 20 mil por ano (CORREIO POPULAR, 1997b). Este trabalho supõe que um emprego de US\$ 20 mil por ano no setor petroquímico seja igual a dois empregos de US\$ 10 mil nos outros setores. Dessa forma, tem-se esse *elemento constituinte*, que é o da construção de uma UTE-GN na RBPC, como se pode ver na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Elemento constituinte - UTE-GN.

Objetivos/Proposta	UTE-GN	por kWh
- Energia (TWh)	2,00	33%
- Benefício (milhões US\$)	72,00	36 US\$
- Custo (milhões US\$)	59,87	30 US\$
- Emissão regional (MtCO <sub>2</sub> )	1,82	0,91 kgCO <sub>2</sub>
- Empregos regionais (1.000 de 10.000 US\$/ano)	7,00	3,5x10 <sup>-6</sup> emp. [a]

Notas: [a] 3.500 empregos de US\$ 20.000 por ano, considerados como 7.000 empregos de 10.000 US\$.

Comparativamente aos outros *elementos constituintes* analisados anteriormente, a UTE-GN geraria mais empregos na RBPC, porém com elevada emissão de CO<sub>2</sub> como desvantagem.

Um outro *elemento constituinte* é o de energia renovável, que foi tratado aqui visando à queima do bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar.

#### 4.2.1.3 - Renovável - Bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar

Segundo a ESTADO DE SÃO PAULO (1997), que reporta dados da COPERSUCAR, o ESP foi responsável por 61% da cana-de-açúcar do Brasil na safra de 1994/95, tendo produzido aproximadamente 149 milhões de toneladas das 244 totais, enquanto o mundo produz 1 bilhão de toneladas, tendo a Índia como o mais próximo produtor do Brasil, com 231 milhões de toneladas.

O investimento por emprego no setor agrário é de aproximadamente US\$ 10 mil por ano (CORREIO POPULAR, 1997b). A geração de energia elétrica de que se tratou neste trabalho, restringiu-se apenas àquela relacionada com a queima do bagaço da cana-de-açúcar e suas folhas e pontas.

Para melhor exemplificar a metodologia de geração das *alternativas de PIR* dentro do *software* GAIA, supõe-se que a proposta geraria *muitos* empregos, sendo que a hipótese proporciona futura codificação, como foi visto na metodologia apresentada no capítulo 3, salientando-se que a codificação de dados não-concretos (não totalmente conhecidos e certos) é válida tanto pela falta dos dados, quanto por tornar a análise mais ágil.

A safra 94/95 do ESP dividiu-se em 134 milhões de sacas de açúcar, 6 milhões de m<sup>3</sup> de álcool hidratado e 2 milhões de m<sup>3</sup> de álcool anidro. Tanto pelo processo industrial das destilarias anexas como das autônomas, tem-se uma produção de 270 kg de bagaço por tonelada de cana, com produção total de 40 milhões de toneladas de bagaço, que, multiplicado pelo poder calorífico de 2.280 kcal/kg, totaliza  $92 \times 10^{12}$  kcal, o que equivale a 107 TWh (BEESP, 1996b). Na média tem-se 108 kg de palhas e pontas por tonelada de cana, que daria (com toda a colheita mecanizada e poder calorífico de 2.280 kcal/kg)  $37 \times 10^{12}$  kcal, que é equivalente a 43 TWh (CANAVARROS, 1994).

Esses valores totalizam aproximadamente 130 Pcal, que é aproximadamente o potencial técnico bruto de 132.043 Tcal do BEESP (1996a). O valor do potencial utilizado de 75.525 Tcal do BEESP (1996a) é um valor mais aceitável e, ainda supondo um percentual de conversão e de mecanização, assume-se um potencial de aproximadamente 45 TWh, dos quais (estima-se) somente 21% estão na região RBPC (CANAVARROS, 1994), dando um potencial final para a RBPC de aproximadamente 9.450 GWh. O potencial, a um custo de 42 US\$/MWh, totaliza US\$ 662 milhões, gerando emissão de 109,1 tCO<sub>2</sub>/TJ que é reabsorvida num próximo ciclo da cana-de-açúcar (ELETROBRÁS, 1993; UGAYA, 1996; IPCC, 1995b).

Dessa forma, tem-se o *elemento constituinte* de geração de eletricidade pela queima do bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar (renováveis), que, assim como a proposta de importação, é um *elemento constituinte* não-fixo, pois variará a quantidade de kWh produzido de acordo com a necessidade de completar-se as *alternativas de PIR* geradas para sanar o aumento de demanda futura prevista de aproximadamente 6 TWh (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 - Elemento constituinte - Renováveis máxima.

Objetivos/Proposta	Renováveis máxima	por kWh
- Energia (TWh)	6,05	100%
- Benefício (milhões US\$)	217,62	36 US\$
- Custo (milhões US\$)	253,89	42 US\$
- Emissão regional (MtCO <sub>2</sub> )	-6,05	- 1 kgCO <sub>2</sub>
- Empregos regionais (1.000 de 10.000 US\$/ano)	muitos	muitos

Esse *elemento constituinte* é de proposta ambiental, pois, pela não construção de termelétricas, devem-se evitar emissões, com possíveis ganhos financeiros. Seguindo com a metodologia de codificação, esse *elemento constituinte* há de gerar muitos empregos.

#### 4.2.1.4 - Outros elementos constituintes - Mitigando CO<sub>2</sub>

### Energia Solar

A Figura 4.2 mostra as regiões de insolação do ESP e da RBPC, onde se tem para a região 1 uma radiação total em plano horizontal de 1.830 kWh/m<sup>2</sup>ano, para a região 2 uma radiação de 1.700 kWh/m<sup>2</sup>ano e para a região 3 uma radiação de 1.400 kWh/m<sup>2</sup>ano.



Figura 4.2 - Regiões de insolação do ESP e RBPC.

Fonte: (BEESP, 1985).

A RBPC possui aproximadamente metade da sua área localizada na região de insolação 1 e a outra parte na região de insolação 2, que segundo GOUVELLO (1997) não é uma radiação desprezível, totalizando um potencial médio de 25 PWh, assumindo insolação média da região 1 e 2 de 1.765 kWh/m<sup>2</sup>ano (JANNUZZI et alii, 1997) e, segundo UGAYA (1996) ainda com um custo muito alto de aproximadamente 100 US\$/MWh, devido à célula fotovoltaica. Seguindo a metodologia GAIA, supõe-se que essa proposta gerará *muitos* empregos de US\$ 10 mil por ano.

Tem-se também pequeno percentual de energia solar com os coletores planos, tendo aproximadamente 4 MW devido aos coletores solares residenciais só na RBPC (SALCEDO, 1996).

#### Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

A Tabela 4.11 mostra as alternativas hidroelétricas de expansão na RBPC. Essas PCHs estão todas no rio Piracicaba e sob concessão da CPFL.

*Tabela 4.11 - PCHs da RBPC.*

<b>Alternativas</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Energia MWh/ano *[a]</b>	<b>Etapas</b>
Divisa Baixa	5,80	36250	Viabilidade
Capivari	3,40	21250	Inventário
Jaguari 1	2,10	13125	Inventário
Laranjal Paulista	6,40	40000	Inventário
Camanducaia	5,00	31250	Inventário
Jaguari 2	10,10	63125	Inventário
Tatu	0,78	4875	Desativada
Feixos	1,00	6250	Desativada
Arpuí	0,66	4125	Desativada
<b>Total</b>	<b>35,24</b>	<b>220250</b>	

*Fonte: (JANNUZZI et alii, 1996; CESP, 1993).*

*Notas: \*[a] fator de carga de 71% (ELETROBRÁS, 1996).*

As duas maiores produtoras (Jaguari 2 e Laranjal Paulista) estão na etapa de inventário e a terceira maior (Divisa Baixa) está numa etapa mais avançada, que é a de viabilidade. As três PCHs de menor produção (Feixos, Tatu e Arpuí) estão na etapa mais atrasada, segundo a tabela 4.11, i.e., desativadas.

Supõe-se que esse *elemento constituinte* geraria poucos empregos e não teria nenhuma emissão, com custo médio de 34 US\$/MWh (UGAYA, 1996) e custo total de US\$ 7,49 milhões.

### Energia Eólica

Finalizando estas *outras propostas*, tem-se o potencial eólico que, como se vê na Figura 4.3, está disponível em Rio Claro, que possui uma velocidade média de vento de 5,8 m/s.



Figura 4.3 - Regiões de potencial eólico do ESP e RBPC.

Fonte: (JANNUZZI et alii, 1997; BEESP, 1985).

O município de Rio Claro está situado na região II do mapa acima e possibilita a instalação de 100 aerogeradores de 250 kW que totalizam um potencial de 25 MW com um custo de 50 US\$/MWh (CANAVARROS, 1994), totalizando, com uma disponibilidade de 55% (SPINADEL et al., 1997), 119 GWh no ano de 2005. Esse *elemento constituinte* geraria poucos empregos. Dessa forma, na Tabela 4.12 têm-se os *elementos constituintes* das outras fontes de energia, como a solar, PCHs e eólica.

Tabela 4.12 - Elementos constituintes - Outras (solar, PCHs, eólica).

<b>Objetivos/Proposta</b>	<b>Solar</b>	por kWh	<b>PCHs</b>	por kWh	<b>Eólica</b>	por kWh
- Energia (TWh)	6,05	100%	0,22	4%	0,12	2%
- Benefício (10 <sup>6</sup> US\$)	217,62	36 US\$	7,92	36 US\$	4,28	36 US\$
- Custo (10 <sup>6</sup> US\$)	604,50	100 US\$	7,49	34 US\$	5,95	50 US\$
- Emissão (MtCO <sub>2</sub> )	-6,05	- 1 kgCO <sub>2</sub>	-0,22	- 1 kgCO <sub>2</sub>	-0,12	-1 kgCO <sub>2</sub>
- Empregos (1.000 de 10.000 US\$/ano)	muitos	muitos	poucos	poucos	poucos	poucos

O elemento constituinte-solar também mitigará totalmente o efeito estufa e serve para completar as alternativas de PIR, uma vez que é possível atingir 100% do aumento de demanda futura prevista. O elemento constituinte-PCH possui pequena capacidade de produção, assim como o elemento constituinte-eólica. Assume-se que a diferença na geração de empregos por kWh entre as PCHs e a eólica seja muito pequena, aceitando-se para ambas a codificação de poucos empregos.

Esses elementos constituintes, dentro da metodologia proposta, serão agregados, de forma a propor alternativas de PIR para o aumento de demanda futura prevista de 6.045 GWh gerado pelo aumento de consumo dos próximos 10 anos. Esse aumento poderá ser sanado por outro elemento constituinte mais agressivo ao meio ambiente como o de UTE-OC, que, segundo a CESP (1990), produziria 900 MW e que, com eficiência de 20%, geraria aproximadamente 2 TWh em 2005, com custo de 30 US\$/MWh e emissão de 77 tCO<sub>2</sub>/TJ (óleo combustível pelo IPCC (1995b)), como mostra a Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Elemento constituinte - UTE-OC.

Objetivos/Proposta	UTE-OC	por kWh
- Energia (TWh)	2,00	33%
- Benefício (milhões US\$)	72,00	36 US\$
- Custo (milhões US\$)	59,87	30 US\$
- Emissão regional (MtCO <sub>2</sub> )	2,00	1 kgCO <sub>2</sub>
- Empregos regionais (1.000 de 10.000 US\$/ano)	7,00	3,5x10 <sup>-6</sup> emp.

Essa proposta assemelha-se muito à UTE-GN, emitindo um pouco mais de CO<sub>2</sub>, agredindo muito mais o meio ambiente com relação a outros indicadores ambientais (enxofre, etc.) não tratados aqui porém levados em consideração no momento final da tomada de decisão com a APMO.

Após o uso de outros instrumentos básicos e de algumas operações do *software* GAIA, mostrados nas seções 3.3.1 e 3.3.2, como p.ex. a agregação de objetivos<sup>37</sup>, segue-se com a construção das *alternativas de PIR* para a RBPC (projeto este que denominou-se RBPC-1995 no *software* GAIA). As *alternativas de PIR* podem ser de número tão grande quanto as possíveis relações dos *elementos constituintes*, i.e., se existem “N” *elementos constituintes* de acordo com as hipóteses do analista, esse decisor pode gerar até “N!” *alternativas de PIR*, para totalizar o aumento de demanda futura prevista de 6.045 GWh

---

<sup>37</sup> Neste caso sendo a agregação do benefício menos o custo formando o objetivo B<sub>liq</sub>.

Neste estudo de caso, têm-se termelétrica, renováveis, importação, GLD e outras, nem todas com previsão de produção de energia igual ao aumento de demanda futura prevista para os próximos 10 anos. Portanto, como é apenas uma exemplificação da metodologia, o decisor gerou 22 alternativas de PIR baseado na hipótese que seriam as mais razoáveis<sup>38</sup>, como mostra a Tabela 4.14, na qual as unidades dos objetivos são: objetivo  $B_{liq}$  em bilhões de US\$/ano; objetivo emissão evitada regional em bilhões de tCO<sub>2</sub>/ano<sup>39</sup>; objetivo geração de empregos regionais em 100.000 de US\$ 10.000 por ano.

Tabela 4.14 - Alternativas de PIR.

<b>PIR/Objetivo</b>	<b>ALT-0</b>	<b>ALT-1</b>	<b>ALT-2</b>	<b>ALT-3</b>	<b>ALT-4</b>	<b>ALT-5</b>	<b>ALT-6</b>	<b>ALT-7</b>
- $B_{liq}$	0,000	0,081	0,012	-0,018	-0,193	0,076	0,075	0,071
- Empregos	0,000	0,051	0,070	0,050	0,050	0,110	0,068	0,068
- CO <sub>2</sub> evitado	0,000	0,005	-0,002	0,003	0,003	0,002	0,006	0,006
<b>PIR/Objetivo</b>	<b>ALT-8</b>	<b>ALT-9</b>	<b>ALT-10</b>	<b>ALT-11</b>	<b>ALT-12</b>	<b>ALT-13</b>	<b>ALT-14</b>	<b>ALT-15</b>
- $B_{liq}$	0,036	0,024	-0,012	-0,105	-0,036	-0,212	-0,387	-0,235
- Empregos	0,210	0,140	0,137	0,173	0,100	0,100	0,100	0,002
- CO <sub>2</sub> evitado	-0,006	-0,004	0,002	-0,002	0,006	0,006	0,006	0,000
<b>PIR/Objetivo</b>	<b>ALT-16</b>	<b>ALT-17</b>	<b>ALT-18</b>	<b>ALT-19</b>	<b>ALT-20</b>	<b>ALT-21</b>		
- $B_{liq}$	0,080	0,077	0,001	0,081	0,077	0,085		
- Empregos	0,053	0,063	0,000	0,052	0,063	0,077		
- CO <sub>2</sub> evitado	0,005	0,006	0,000	0,005	0,006	0,005		

<sup>38</sup> Sujeito a análise de legitimidade, arquivo que foi gravado com o nome RBPC-2005.DAT no *software* GAIA, para ser usado como dados de entrada no *software* VISPA.

<sup>39</sup> Multiplicando por menos um (-1), pois, mudando o sinal deste objetivo, todas estas matrizes serão maximizadas, deixando o objetivo de emissão de CO<sub>2</sub> como se fosse um objetivo de emissão evitada. É também possível transformar cada objetivo (linha da matriz de avaliação) numa função de utilidade, tanto de maximização, quanto de minimização, facilitando a APMO.

Mais detalhadamente:

ALT-0 é a básica de importação total de 6,05 TWh;

ALT-1 é constituída pela importação (0,95 TWh) e pela GLD máxima (5,10 TWh);

ALT-2 é constituída pela importação (4,05 TWh) e pela UTE-GN (2,00 TWh);

ALT-3 é constituída meio a meio de importação (3,02 TWh) e renováveis (3,02 TWh);

ALT-4 é constituída meio a meio de importação (3,02 TWh) e energia solar (3,02 TWh);

ALT-5 é constituída de GLD (4,05 TWh) e da UTE-GN (2,00 TWh);

ALT-6 é constituída de GLD máxima (5,10 TWh) e renováveis (0,95 TWh);

ALT-7 é constituída da GLD máxima (5,10 TWh) e energia solar (0,95 TWh);

ALT-8 é totalmente de termelétricas UTE-GN (2,00 TWh) e duas UTE-OC (4,05 TWh);

ALT-9 é a UTE-GN (2,00 TWh), uma UTE-OC (2,00 TWh) e 2,05 TWh de importação;

ALT-10 é a UTE-GN (2,00 TWh) com 4,05 TWh de renováveis;

ALT-11 é a UTE-GN (2,00 TWh), a UTE-OC (2,00 TWh) e 2,05 TWh de energia solar;

ALT-12 é toda de renováveis (6,05 TWh);

ALT-13 é metade renováveis (3,02 TWh) e metade energia solar (3,02 TWh);

ALT-14 é só de energia solar (6,05 TWh);

ALT-15 são as PCHs (0,22 TWh), energia eólica (0,12 TWh) e 5,71 TWh de importação;

ALT-16 são as PCHs (0,22 TWh), energia eólica (0,12 TWh), GLD máxima (5,10 TWh) e importação de 0,61 TWh;

ALT-17 são as PCHs (0,22 TWh), energia eólica (0,12 TWh), GLD máxima (5,10 TWh) e renováveis de 0,61 TWh;

ALT-18 são as PCHs (0,22 TWh) e importação de 5,83 TWh;

ALT-19 são as PCHs (0,22 TWh), GLD máxima (5,10 TWh) e importação de 0,73 TWh;

ALT-20 são as PCHs (0,22 TWh), GLD máxima (5,10 TWh) e renováveis de 0,73 TWh;

ALT-21 são as PCHs (0,22 TWh), GLD máxima (5,10 TWh) e uma UTE-GN de aproximadamente 250 MW (0,73 TWh).

### 4.3 - TOMADA DE DECISÃO COM APMO - ESCOLHA ENTRE AS ALTERNATIVAS DE PIR

No Gráfico 4.1 plotam-se os três objetivos com sinais opostos, como se fossem para ser maximizadas as 22 alternativas de PIR.

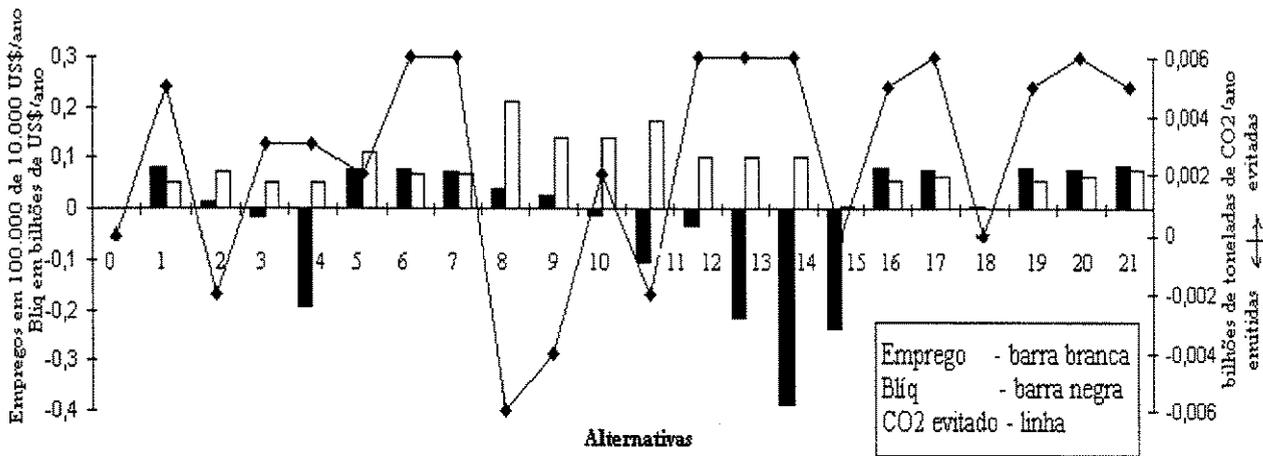


Gráfico 4.1 - Alternativas de PIR com objetivos a serem maximizados.

No eixo y-esquerdo tem-se as prestações dos objetivos  $B_{liq}$  e Empregos, para cada alternativa de PIR presente no eixo x. No eixo y-direito tem-se as prestações do objetivo Emissões de  $CO_2$  evitadas por ano (valores positivos) e emissões efetivamente emitidas (valores negativos). Parece fácil verificar pela linha de  $CO_2$  evitado, que a ALT-8 é a que mais emite  $CO_2$  e que as ALT-6, ALT-7, ALT-12, ALT-13, ALT-14, ALT-17 e ALT-20 são as que mais evitam emissões de  $CO_2$ , porém ao final da APMO será observado que a APMO é uma avaliação mais consistente que esta visual. Assim como pode-se verificar que a ALT-8, pela barra branca de Empregos, é a que mais gera empregos, e pela barra negra de  $B_{liq}$ , que a ALT-14 tem benefício líquido negativo, i.e., custo líquido ( $C_{liq}$ ).

O software *VISPA* de avaliação integrada e escolha entre projetos alternativos possibilita eliminar as *alternativas de PIR* dominadas pelo critério de *Pareto* e também as equivalentes, para depois seguir com a ordenação das *alternativas de PIR* segundo o método das matrizes de concordância e discordância e, então, do gráfico de área de dominância fraca (DF) utilizando a APMO. Portanto, antes de iniciar a fase de dar pesos aos objetivos, verificou-se que as *alternativas de PIR* ALT-17 e ALT-20 são equivalentes (devido ao arredondamento do índice  $B_{liq}$ ). Sabendo que a energia eólica é mais cara (50 US\$/MWh) que a renovável (bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar com 42 US\$/MWh), escolheu-se permanecer com a ALT-20, que possibilita um ganho de US\$ 0,95 milhões no objetivo  $B_{liq}$ .

A Tabela 4.15 mostra as *alternativas de PIR* dominadas absolutamente.

Tabela 4.15 - Alternativas de PIR dominantes e dominadas pelo critério de Pareto.

Alternativas Dominadas		Alternativas Dominantes
ALT-0	>	ALT-1, 5, 6, 7, 16, 18, 19, 20, 21
ALT-1	>	ALT-19, 21
ALT-2	>	ALT-5, 21
ALT-3	>	ALT-1, 6, 7, 16, 19, 20, 21
ALT-4	>	ALT-1, 3, 6, 7, 12, 16, 19, 20, 21
ALT-7	>	ALT-6
ALT-13	>	ALT-12
ALT-14	>	ALT-12, 13
ALT-15	>	ALT-1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 16, 19, 20, 21
ALT-16	>	ALT-21
ALT-18	>	ALT-1, 5, 6, 7, 16, 19, 20, 21
ALT-19	>	ALT-21

Eliminam-se, dessa forma, mais 12 *alternativas de PIR* por serem dominadas segundo o critério de *Pareto*. Portanto, tem-se a nova matriz de avaliação (que é a mesma utilizada no exemplo do capítulo 3 - tabela 3.10) plotada no Gráfico 4.2.

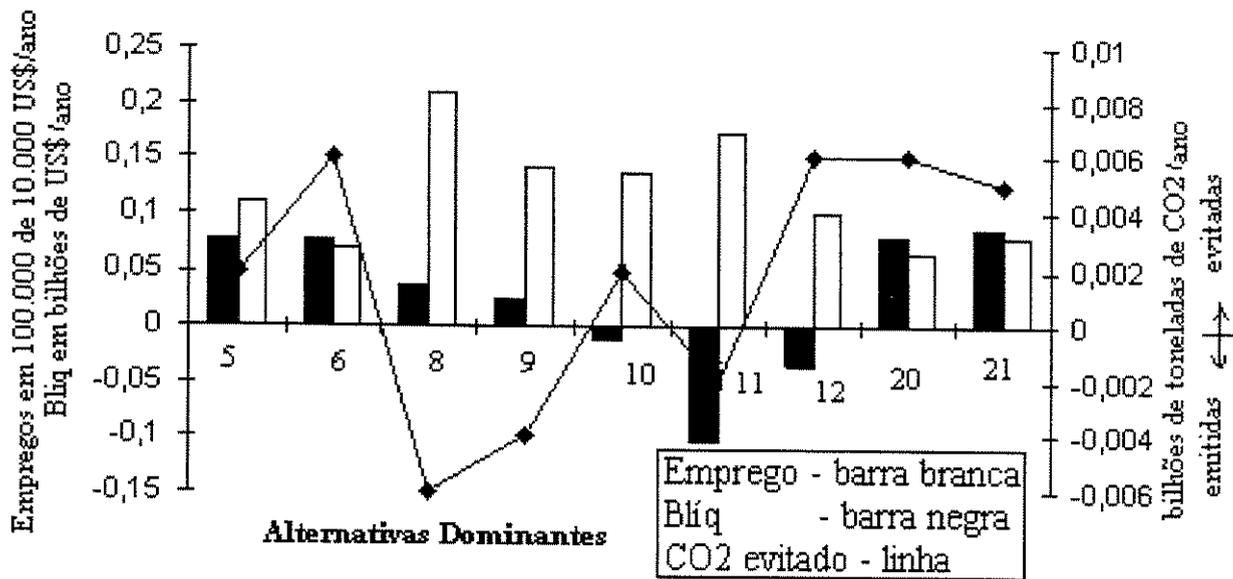


Gráfico 4.2 - Alternativas de PIR dominantes com objetivos a serem maximizados.

Após a eliminação da ALT-17, segundo o critério de equivalência e de mais 12 *alternativas de PIR* pelo critério de *Pareto*, restaram somente 9 *alternativas de PIR* para seguirem na APMO. Novamente parece fácil verificar pela linha de CO<sub>2</sub> evitado que a ALT-8 é a que mais emite CO<sub>2</sub> e que as ALT-6, ALT-12 e ALT-20 são as que mais evitam emissões de CO<sub>2</sub>, (observando-se um menor número de *alternativas de PIR* devido ao processo de filtragem), e assim por diante.

#### 4.3.1 - Cálculos e Avaliações Preliminares da APMO

Inicia-se uma avaliação das *alternativas de PIR dominantes* com os objetivos a serem maximizados (neste estudo de caso) segundo a função de utilidade:

$$\text{Max} [\text{Emprego} \times w_{\text{Emprego}} + \text{CO}_2 \text{ evit.} \times w_{\text{CO}_2\text{-evit}} + \text{B}_{\text{liq}} \times w_{\text{B}_{\text{liq}}}] \quad [\text{Equação 4.1}]$$

Para manter a zona de soluções  $Z$  nos eixos positivos, formando uma calota côncava nas três dimensões, transforma-se a matriz de avaliação em valores da 0 a 1 (relacionados à mínima e à máxima prestação de cada objetivo por alternativa) pela função de utilidade padrão do *software* VISPA apresentada anteriormente na figura 3.2 da metodologia. Esta fase da metodologia visa eliminar prováveis variações de resultados da ordenação em função da magnitude da unidade de cada um dos objetivos, principalmente por ser um *Relatório PIR-RBPC* seguindo os critérios de um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos, sociais e ambientais - externalidades, resultando numa nova matriz de avaliação, definida como pós-função de utilidade, apresentada na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Nova matriz de avaliação pós-função de utilidade.

PIR/Objetivo	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-9	ALT-10	ALT-11	ALT-12	ALT-20	ALT-21
- $B_{iiq}$	0,953	0,947	0,742	0,679	0,489	0,000	0,363	0,958	1,000
- Emprego	0,320	0,034	1,000	0,524	0,503	0,748	0,252	0,000	0,095
- $CO_2_{evit.}$	0,667	1,000	0,000	0,167	0,667	0,333	1,000	1,000	0,917

Foi feita a APMO da matriz de avaliação da tabela 3.10 (exemplo do capítulo 3 de metodologia) e dessa mesma matriz com o objetivo emissões evitadas multiplicado por 10. Concluiu-se que o valor das prestações de cada matriz influencia bastante na APMO, devido à sua relação direta com o índice de discordância (ID). Dessa forma, confirma-se a justificativa do uso da função de utilidade proposta pelo *software* VISPA no tratamento de muitas alternativas e múltiplos objetivos sócio-ambientais (externalidades), levando a uma APMO da matriz apresentada na tabela 4.16.

Todas as avaliações foram feitas, com o uso de ampla gama de pesos - Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Conjunto de pesos utilizados na APMO da RBPC.

<b>Peso/Objetivo</b>	<b>w0</b>	<b>w1</b>	<b>w2</b>	<b>w3</b>	<b>w4</b>	<b>w5</b>	<b>w6</b>	<b>w7</b>
- $B_{liq}$	0,333	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- Empregos	0,333	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
- $CO_2$ evitado	0,333	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
<b>Peso/Objetivo</b>	<b>w8</b>	<b>w9</b>	<b>w10</b>	<b>w11</b>	<b>w12</b>	<b>w13</b>	<b>w14</b>	<b>w15</b>
- $B_{liq}$	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
- Empregos	0,8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
- $CO_2$ evitado	0,1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
<b>Peso/Objetivo</b>	<b>w16</b>	<b>w17</b>	<b>w18</b>	<b>w19</b>	<b>w20</b>	<b>w21</b>	<b>w22</b>	<b>w23</b>
- $B_{liq}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
- Empregos	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2
- $CO_2$ evitado	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4
<b>Peso/Objetivo</b>	<b>w24</b>	<b>w25</b>	<b>w26</b>	<b>w27</b>	<b>w28</b>	<b>w29</b>	<b>w30</b>	<b>w31</b>
- $B_{liq}$	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
- Empregos	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1
- $CO_2$ evitado	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3
<b>Peso/Objetivo</b>	<b>w32</b>	<b>w33</b>	<b>w34</b>	<b>w35</b>	<b>w36</b>			
- $B_{liq}$	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8			
- Empregos	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1			
- $CO_2$ evitado	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1			

Cada um desses conjuntos de pesos, i.e., dessas políticas do decisor de diferentes níveis de importância por objetivos, influencia bastante o índice de concordância (IC), o que também justifica o conjunto de peso *default* (w0 de confronto aos pares), que trata de todos os objetivos da mesma forma.

Mais detalhadamente verifica-se:

- I- Para a matriz de avaliação pós-função de utilidade a ALT-6 esteve em 1º lugar na ordenação por DF em todos os 37 conjuntos de pesos, sendo seguida pela ALT-8 para 35 conjuntos de pesos (tendo ficado em 3º quando o peso  $B_{liq}$  foi alto - de 0,7 e 0,8 - atrás da ALT-21). A ALT-21 também esteve em 3º por 18 vezes e em 4º por 17, revezando essas posições com a ALT-5, que esteve em 3º para 17 conjuntos de pesos e em 4º para 20 pesos.
- II- Para a matriz de avaliação do exemplo do capítulo 3 (com os valores reais), a ALT-8 esteve em 1º lugar na ordenação por DF em todos os 37 conjuntos de pesos, sendo seguida pela ALT-5 em 2º e pela ALT-21 em 3º em todas as vezes. A ALT-10 esteve em 4º para 21 pesos e a ALT-6 esteve em 4º para 15 conjuntos de pesos.
- III- Para a matriz de avaliação do exemplo do capítulo 3, porém, com o objetivo emissões evitadas multiplicado por 10, a ALT-8 esteve em 1º lugar na ordenação por DF para todos os conjuntos de pesos; a ALT-21 em 2º por 21 vezes e em 3º para 15 pesos; a ALT-6 em 2º por 15 vezes e em 4º para 21 pesos e; a ALT-5 em 3º por 21 vezes e em 4º para 15 pesos.

Diferentemente da análise visual dos gráficos 4.1 e 4.2, verifica-se que além das ALT-6 e ALT-8, as ALT-5 e ALT-21 se destacam, demonstrando e justificando a APMO como instrumento consistente.

#### **4.3.2 - Tomada de Decisão**

Um aspecto controverso do EIA está na lógica que prevê determinar diretamente a *alternativa de PIR* ótima entre todas aquelas em exame. Melhor seria, talvez, reverter a lógica dita, não indicando a melhor *alternativa de PIR*, mas eliminando pouco a pouco as piores ou também aquelas que pouco satisfazem pelo método de filtragem (STEUER, 1986).

Colocando o resultado final, no espaço de decisão  $T$ , apresentado na figura 2.12, maximizando os objetivos analisados para a RBPC (baseado no quadro 2.3, porém de três dimensões, 3D, por ter apenas 3 objetivos e não de minimização) tem-se a Figura 4.4, que plota a geração de emprego, a emissão evitada de  $\text{CO}_2$  e o  $B_{\text{liq}}$ .

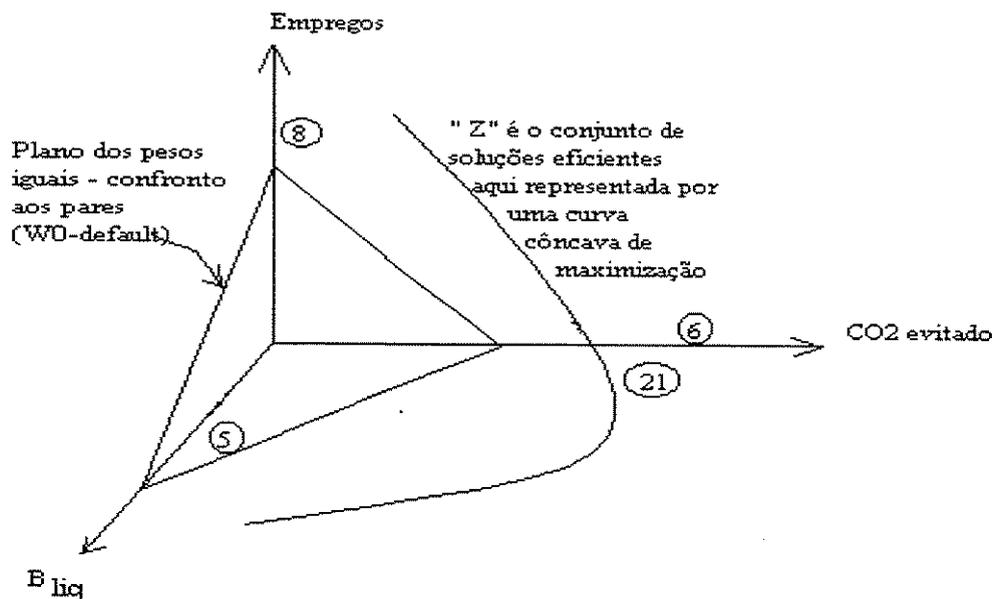


Figura 4.4 - Tomada de decisão em função da política de desenvolvimento adotada.

Portanto, após um detalhado estudo como o do *Relatório PIR-RBPC*, no qual passa-se de uma avaliação de diversas *alternativas de PIR* para uma tomada de decisão de poucas políticas de desenvolvimento, o decisor buscará incentivos financeiros e ambientais, restrições nas emissões, investimentos em UTEs com imposição de investimentos em GLD, etc., em função da melhor política regional, que neste estudo de caso é representada pela Tabela 4.18 (baseada na figura 2.13).

Tabela 4.18 - Matriz de Alternativas de PIR - Payoff Final.

Alternativa	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-21
<b>Objetivos</b>	GLD=4TWh UTE-GN=2TWh	GLD=5,1TWh Renov.=0,9TWh	UTE-GN=2TWh UTE-OC=4TWh	GLD=5,1TWh PCH=0,2TWh UTE-GN=0,7TWh
<b>B<sub>liq</sub></b> (milhões de dólares)	76	75	36	85
<b>Emissão</b> (MtCO <sub>2</sub> )	- 2 (evitada)	- 6 (evitada)	+ 6 (efetiva)	- 5 (evitada)
<b>Empregos</b>	3.500 de 20.000 US\$/ano; 4.000 de 10.000 US\$/ano	6.800 de 10.000 US\$/ano	10.500 de 20.000 US\$/ano	5.250 de 10.000 US\$/ano; 1.225 de 20.000 US\$/ano

Após as diversas filtragens (pelos critérios de *Pareto*, equivalência, função de utilidade padrão de maximização, conjunto de pesos *default*), dá-se pesos específicos e faz-se análise de sensibilidade, porém, neste estudo de caso foram poucas as *alternativas de PIR* restantes, o que possibilita ao decisor escolher visualmente. Um outro processo de filtragem é o da representação e ordenação gráfica feita pelo *software* VISPA (APMO), que reordena as *alternativas de PIR*, quando da eliminação de uma delas, variando a ordenação dentro de cada uma das avaliações, como mostra a Figura 4.5 (área de DF no gráfico R2).

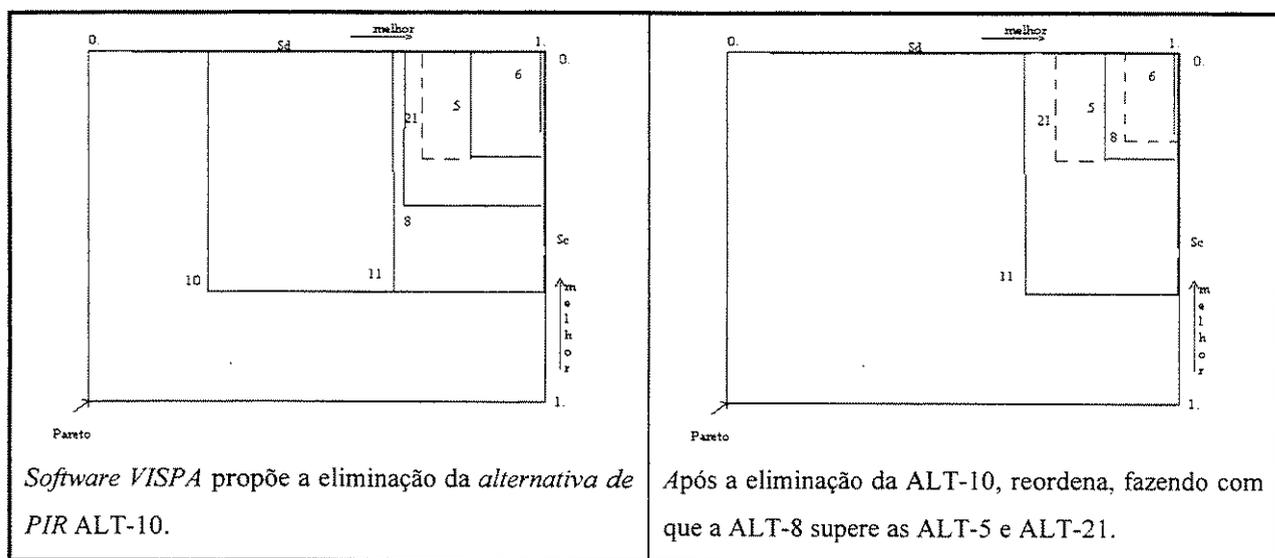


Figura 4.5 - Reordenação gráfica da área de DF.

O decisor, nesse ponto, leva em consideração todos os dados que não puderam ser analisados durante o estudo de caso, como p.ex., as emissões de enxofre das UTEs, os incentivos financeiros governamentais e internacionais pela mitigação do efeito estufa, a compensação via altos salários advindas com a poluição regional (figura 2.1, caso se escolha a ALT-8), etc.

Portanto, o decisor que visa a política ambiental para a RBPC, incentivaria as *alternativas de PIR* ALT-6 e ALT-21, a política de geração de emprego para a RBPC incentivaria a ALT-8, a política econômica para a RBPC incentivaria as ALT-21 e ALT-5, a política de desenvolvimento regional, tanto econômica quanto sócio-ambiental, baseado nas hipóteses apresentadas, verificaria que as UTE-OC proporcionariam um salário melhor para seus novos empregados, porém, sendo muito prejudiciais ao meio ambiente, e que um incentivo público para programas de eficiência energética (GLD com bom  $B_{liq}$  social) aliado a UTE-GN (com bom  $B_{liq}$  empresarial), PCHs ou renováveis (com  $B_{liq}$  empresarial negativo (i.e.,  $C_{liq}$ ) necessitando de incentivos fiscais e ambientais) seria a melhor solução.

A energia renovável é uma alternativa interessante pois segundo JANNUZZI et al. (1997b), a oferta de energia renovável (bagaço, palhas e pontas de cana-de-açúcar) é sazonal ocorrendo justamente na estação seca, quando os reservatórios das hidrelétricas estão com níveis baixos de água.

O decisor, com relação ao projeto da UTE-GN em Paulínia, devido ao gás natural proveniente da Bolívia, deve sugerir a adaptação da localização da UTE, devido à densidade populacional e à dimensão das cidades vizinhas de Paulínia, propondo que o estudo hoje existente da UTE-GN para esta cidade seja transferido para uma cidade como Santa Maria da Serra, no final do rio e bacia Piracicaba, o que prejudicaria bem menos o meio ambiente da RBPC, além de gerar novos empregos numa cidade tão carente de empregos formais, como se pode verificar no apêndice E (CORREIO POPULAR, 1997a).

A tomada de decisão leva em consideração que três das quatro *alternativas de PIR* finais são compostas pela proposta de GLD com uma conservação de eletricidade variando de 4 a 5 TWh, sendo necessário aprofundar o estudo e implementação de GLD nos setores industrial, residencial e comercial da RBPC e, segundo o apêndice F, com *análise por uso-final*, por setor e por cidade (apêndices F e I), do tipo:

- I- No caso do setor industrial, além de iniciar um trabalho de GLD pelas cidades de Americana, Limeira, Piracicaba e Campinas, o melhor é começar um projeto de conservação de energia elétrica pelo uso-final motor (força motriz), que dá maior redução no consumo (50%) com um custo baixo (16 US\$/MWh) em todos os subsetores consumidores (alimentos & bebidas, outros, têxtil, metalurgia, química e papel & celulose), tendo apenas o subsetor metalúrgico com consumo maior para o uso-final forno, porém com apenas 10% de potencial de redução, mas com custo ainda menor (11 US\$/MWh).
  
- II- No caso do setor residencial, a maior consumidora absoluta é a cidade de Campinas. Os usos-finais mais importantes são a geladeira, a iluminação, o chuveiro, o *freezer*, a televisão e o ar condicionado.

III- No setor comercial, a cidade de Campinas também é a maior consumidora absoluta. Nesse setor, o uso-final mais importante para todos os subsetores é a iluminação com potencial de redução variando de 50-70% e um custo variando de 20-26 US\$/MWh. Para o setor de alimentos, tanto o de comércio, quanto o de serviço, a refrigeração possui potencial de redução respeitável com 30-35% e um custo baixo de 10 US\$/MWh, seguido pelo ar condicionado com potencial médio de redução de 60% e custo médio de 12 US\$/MWh.

O decisor, verificando a importância do GLD, deve aprofundar ainda mais esses estudos com uma análise dos dados de combustíveis fósseis (apêndice H). Obtém-se a Tabela 4.19 que quantifica a emissão de CO<sub>2</sub>, indicando a participação dos diversos setores econômicos consumidores (JANNUZZI et alii, 1997).

*Tabela 4.19 - Emissão em tCO<sub>2</sub>, por setor/combustível fóssil em 1995.*

<b>Fóssil/Setor</b>	<b>Resid.</b>	<b>Ind.</b>	<b>Comerc.</b>	<b>Transp.</b>	<b>Rural</b>	<b>Outros</b>	<b>Total</b>
Óleo diesel	2.428	140.811	26.706	1.842.684	4.856	410.295	2.427.778
Gasolina	0	3.389	13.558	1.674.358	0	3.389	1.694.694
GLP	283.920	148.330	8.190	455	0	14.105	455.000
Ó. Combustível	0	2.206.098	38.124	0	30.499	266.867	2.541.588
Querosene	0	9.616	17.921	366.724	0	42.835	437.097
<b>Total</b>	<b>286.348</b>	<b>2.508.245</b>	<b>104.498</b>	<b>3.884.221</b>	<b>35.355</b>	<b>737.491</b>	<b>7.556.158</b>

O setor de transportes é o principal contribuinte em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, principalmente devido ao consumo de óleo diesel, seguido de perto pelo de gasolina. Pelo apêndice H um GLD nesse setor ou fonte energética deve ser iniciado pelas cidades de Campinas, Limeira, Paulínia e Piracicaba. A cidade de Campinas é a maior consumidora no setor de transportes devido ao alto consumo de óleo diesel, gasolina C e gasolina A. Depois, encontra-se o setor industrial com contribuição decorrente, principalmente, pelo consumo de óleo combustível. Indicam-se as cidades de Paulínia, Limeira, Americana, Campinas e Piracicaba para um estudo de GLD neste setor ou fonte energética. O óleo diesel, a gasolina e o óleo combustível destacam-se como os principais contribuintes para as emissões de CO<sub>2</sub>.

Dessa forma, o decisor deve sugerir que se faça um planejamento da conservação de CO<sub>2</sub> e da substituição dos energéticos fósseis por renováveis, particularmente por setor, com GLD não só de conservação de eletricidade, mas de todas as fontes energéticas fósseis e renováveis, analisando-se cada um dos seus usos-finais.

Relacionados os dados de consumo de óleo combustível com os dados de consumo de eletricidade industrial, as mesmas cidades industrializadas consomem mais energia elétrica e mais óleo combustível. Também existe relação do alto consumo residencial de energia elétrica na cidade de Campinas com o alto consumo de GLP. O decisor deve verificar como essas relações podem ajudar na implantação dos programas de eficiência, além de aprofundar a análise dos dados, pois, p.ex., um fator importante é que a média *per capita* do consumo do GLP no ESP é 2.232 MJ (BEESP, 1995) que dá um valor de consumo para a RBPC de 7.280 TJ, bem menor dos 11.199 TJ do DNC (apêndice F), o que dá uma diferença na emissão final de -0,24 MtCO<sub>2</sub>, diferença esta significativa que deve ser analisada mais profundamente.

O decisor deve propor um aprofundamento da análise dos dados de consumo de combustíveis renováveis (apêndice G), possibilitando a quantificação da emissão por setor (JANNUZZI et alii, 1997) e indicando onde se encontra a maior emissão por fontes renováveis, como mostra a Tabela 4.20.

Tabela 4.20 - Emissão por setor/combustível renovável (MtCO<sub>2</sub>) em 1995.

Setor/Fontes	Biomassa Sólida	Biomassa Líquida	Total Renováveis
Industrial	4,42		4,42
Transporte		1,16	1,16
<b>TOTAL</b>	<b>4,42</b>	<b>1,16</b>	<b>5,58</b>

A biomassa sólida, i.e., o bagaço da cana-de-açúcar, é o mais importante energético renovável da RBPC consumido no setor industrial. Já a biomassa líquida, constituída principalmente do álcool hidratado com um consumo de 10.871 TJ seguido pelo álcool anidro aditivo da gasolina com 4.940 TJ, é consumido no setor de transportes.

Contabilizando os dados do DNC tem-se a emissão *per capita* em 1995 de 2,29 tCO<sub>2</sub>/hab, valor compatível com o visto na figura 2.3, uma vez que a RBPC está com um índice *per capita* um pouco acima da média nacional Brasileira. A produção e consumo de combustíveis renováveis evitou o acréscimo de 5,96 MtCO<sub>2</sub> em 1995 o que elevaria o índice da RBPC em 1,83 tCO<sub>2</sub>/hab. Caso o combustível renovável não tivesse sido utilizado e exportado pela RBPC, mas substituído por combustíveis fósseis com taxas de emissão equivalentes, ter-se-ia o dobro da emissão atual da RBPC com (2,29 + 1,83) 4,12 tCO<sub>2</sub>/hab.

Todas essas análises do decisor são importantes, pois o índice de emissões de CO<sub>2</sub> para a RBPC em 1995 cai em 0,07 tCO<sub>2</sub>/hab devido somente à diferença encontrada no consumo médio de GLP, o que sugere uma profunda análise dos dados.

Verificada a pequena produção de energia elétrica da RBPC em 1995 com aproximadamente 143 GWh provenientes de hidrelétricas, sendo a de Americana a maior com quase 84 GWh; com quase 87 GWh de térmicas, sendo a maior parte renovável com aproximadamente 57 GWh provenientes da cogeração da cana-de-açúcar, o decisor pode concluir que a RBPC proporciona, dessa forma, alto índice ambiental, uma vez que 62% do total da produção de energia elétrica proveniente das hidro não emite CO<sub>2</sub>; aproximadamente 25% recuperam o CO<sub>2</sub> emitido pela cana-de-açúcar; e somente 13% da eletricidade produzida na região, proveniente da usina termelétrica (UTE-Cariobinha), contribui com o efeito estufa. A RBPC possui baixos índices de CO<sub>2</sub> *per capita* quando comparada aos países do gráfico da figura 2.2, principalmente por importar a maior parte de sua energia elétrica (que também é, na sua maioria, de origem hidroelétrica) e apresentar alta participação da biomassa em seu perfil de consumo.

A alta participação da utilização da biomassa no perfil energético brasileiro, do ESP e em particular da RBPC, explica em grande parte os relativos baixos índices *per capita* de CO<sub>2</sub> comparados internacionalmente, que se devem ao pouco desenvolvimento, mas também à política energética voltada às hidroelétricas, ao álcool e às energias renováveis como o bagaço da cana-de-açúcar.

Dessa forma, o decisor deve sugerir que a matriz energética mantenha e aprimore a matriz renovável com programas tipo Proálcool, cogeração industrial, etc. e também com energia renovável, tipo bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar, na produção de energia elétrica, uma vez que há bom avanço tecnológico regional com esse tipo de combustível. O decisor deve levar em conta dados importantes como o êxodo rural, o fim das queimadas nas plantações de cana-de-açúcar e conseqüente mecanização no plantio de cana-de-açúcar, etc. Além do mais, o decisor deve estar atento a todas as informações, como p.ex., que a mecanização também contribuirá na emissão e gerará desemprego, mas no geral proporcionará melhorias no meio ambiente com o fim das queimadas e conseqüentes problemas respiratórios e ambientais (FOLHA DE SÃO PAULO, 1997a).

## Capítulo 5

### Conclusões

De acordo com o objetivo deste trabalho que é a geração de uma metodologia de *Relatório PIR* que agregue as ferramentas de:

- I- PIR;
- II- GAIA - EIA com análise dos múltiplos indicadores;
- III- tomada de decisão baseada na APMO;

conduzindo a alternativas de solução e mitigação dos principais problemas energéticos, ambientais e sociais de uma determinada região, conclui-se que:

√ o *Relatório PIR* agrega 3 importantes ferramentas utilizadas pelo setor energético de forma não integradas, e reforça a evolução das tradicionais metodologias de planejamento, EIA e análise custo-benefício para uma de PIR, GAIA e APMO com análise e avaliação de múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais (externalidades);

√ o *Relatório PIR*, utilizando a ferramenta de PIR, além de considerar as opções de expansão da oferta energética (GLO), as melhorias de eficiência, as novas tecnologias, a conservação, a autoprodução, as fontes renováveis, etc., inova ao considerar as externalidades, sendo, dessa forma, uma importante metodologia de planejamento energético e ambiental que é facilitada pelo uso de ferramentas de avaliação de múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais quantificáveis, contabilizáveis ou não, o que leva a uma conseqüente conclusão de que a ferramenta de APMO é imprescindível numa metodologia de tomada de decisão visando incorporar as externalidades, que sugere um órgão governamental intervindo no lugar do mercado para proteger aqueles que sofrem em conseqüência das perigosas externalidades;

√ a caracterização regional, estruturada pela ferramenta de GAIA, fase inicial do *Relatório PIR*, deve possuir uma análise de legitimidade profunda, pois o estudo de caso é fortemente dependente das hipóteses iniciais advindas dessa caracterização (definição do problema, escolha dos múltiplos objetivos, etc.), e dessa forma, ao aplicar a metodologia GAIA do *Relatório PIR* deve-se ter muita atenção na análise energética-externalidades, pois a inclusão de qualquer indicador econômico ou externalidade no EIA poderia eliminar algum tipo de *alternativa de PIR* (e conseqüentes propostas energéticas) pela tomada de decisão baseada na APMO;

√ a ferramenta de GAIA do *Relatório PIR* possibilita o constante monitoramento de todo o projeto em estudo, acompanhando a formação de cada *alternativa de PIR*, e analisando os múltiplos objetivos, externalidades, suas conversões e codificações, etc. Detalhou-se a metodologia GAIA no capítulo 3 para melhor demonstrar as vantagens de sua utilidade como ferramenta de EIA, que vão desde a construção da ALT-0, baseada na caracterização regional, até a possibilidade do posterior acompanhamento dos múltiplos problemas econômicos, sociais e ambientais (externalidades) passo a passo na implementação dos projetos poluidores (fundamentos dos EIAs do CONAMA). Porém, existem limitações da ferramenta de GAIA com relação à análise de legitimidade do analista (decisor):

- na construção da ALT-0, pois a *alternativa de PIR* de manutenção da política vigente tem grande influência na matriz de avaliação, uma vez que substitui com os efeitos estimados para si todos os valores das células vazias das outras *alternativas de PIR* geradas;
- na geração das *alternativas de PIR*, pois, por não ser um modelo matemático, não agrega automaticamente todos os *elementos constituintes*, i.e., todas as propostas energéticas analisadas, deixando o analista tomar mais essas decisões;
- nas codificações e conversões, agregações, etc.

√ limitações essas que podem ser minimizadas na medida em que se constituam equipes multidisciplinares de decisores, que devem estudar profundamente cada um dos múltiplos objetivos econômicos e sócio-ambientais (externalidades), pois estes são muito importantes uma vez que constituem os valores de uma sociedade.

√ o *Relatório PIR*, com ferramenta de tomada de decisão baseada na APMO, tem avaliação dos múltiplos objetivos aplicada não mais nas alternativas de expansão só do lado da oferta, mas sim nos portfólios alternativos de recursos (*alternativas de PIR*), englobando tanto essas opções quanto as medidas de GLD. Portanto, a metodologia de APMO do *Relatório PIR* tem a vantagem de orientar os investidores com respeito a onde investir, p.ex., numa nova obra de expansão da oferta de energia, em eficiência energética, na conservação ambiental, num desenvolvimento regional e assim por diante, atendendo aos requisitos de energia e ao mesmo tempo satisfazendo os múltiplos objetivos de economia e externalidades;

✓ a ferramenta de tomada decisão baseada na APMO do *Relatório PIR*, possui método de dominância absoluta (*Pareto*) e fraca (DF) com forte consistência na matriz de avaliação pós-função de utilidade e com o conjunto de pesos *default*, que evita problemas de conversão de unidades dos múltiplos objetivos econômicos e externalidades. Dessa forma, o uso da metodologia de APMO, tem o conceito de filtragem, pois com a eliminação de todas as alternativas dominadas fortemente permite-se que, sobre a base das informações encontradas durante as diversas fases, o decisor elimine as *alternativas de PIR* resultantes insatisfatórias para dedicar maior atenção às alternativas mais significativas. Essa avaliação pode ser seguida por outra, mais específica (pontual), que poderia ser a análise de cada conjunto de pesos (políticas do decisor) da avaliação por DF entre outros. Nesses casos pontuais, os pesos tornam-se fundamentais na determinação dos resultados finais e devem ser bastante justificados, necessitando de análise de sensibilidade;

✓ com a metodologia de *Relatório PIR* é possível proporcionar ao decisor (representante de diversas camadas sociais, empresários, políticos...) escolher, de acordo com a vontade social momentânea e local, a política a ser adotada, tratando com a sociedade em audiências públicas (fundamentos do EIA do CONAMA), e, se necessário, refazendo facilmente toda a avaliação (metodologia GAIA);

✓ o *Relatório PIR* proporciona o uso otimizado dos recursos energéticos, sociais e ambientais, considerando múltiplos objetivos de uma sociedade, além de complementar e agregar as diversas ferramentas e assuntos tratados nas teses, dissertações, trabalhos e livros da UNICAMP (citados ao longo de todo este trabalho, entre diversos outros), ajudando o decisor a planejar um desenvolvimento social, econômico e também mitigar as externalidades prejudiciais.

Todas essas conclusões contribuem para o uso de uma metodologia de *Relatório PIR*, com uma posição do tipo preventiva, antecipada ao projeto, com presença de muitos projetos alternativos, de múltiplos indicadores conflitantes, com acompanhamento dos objetivos no desenvolver do projeto, e com subjetividade na avaliação, que possibilita uma integração entre os aspectos técnicos e os aspectos de procedimento e também da participação no processo de tomada de decisão, pois só assim um decisor contribuiria na proteção dos interesses sociais, visando ao desenvolvimento regional tanto econômico, quanto sócio-ambiental (externalidades) dentro do novo sistema de mercado livre de energia.

## Capítulo 6

### Sugestões

Vários foram os temas e os aspectos das ferramentas do *Relatório PIR* apresentados neste trabalho, e com relação a eles, sugere-se o aprofundamento das seguintes literaturas analisadas:

- ✓ O GLD: a *análise por uso-final* é muito importante para o planejamento de sistemas energéticos, pois, além de definir as necessidades energéticas em relação à produção de bens ou à satisfação das necessidades humanas, também facilita a implementação de estudos de conservação de energia e de outros programas de eficiência energética. Portanto, os programas de GLD necessitam de uma projeção do consumo por usos-finais mais detalhada pois é sabido que atualmente existe uma dificuldade na desagregação nesse nível e que também não tem-se um banco de dados confiável e contínuo (JANNUZZI et al., 1997a; UGAYA et al., 1997; UGAYA, 1996; UDAETA, 1997; GALVÃO et al., 1997).
  
- ✓ O PIR: O PIR que está mais adaptado mundialmente para o setor elétrico e por suas comissões reguladoras, tem na conservação de energia elétrica uma importante e promissora área de estudo, a qual tem sido bastante estudada pela UNICAMP nos últimos anos (POMPERMAYER, 1996; SALCEDO, 1996; SALCEDO et al., 1996; MAMMANA, 1994; CANAVARROS, 1994; RECHE, 1991; WALTER, 1987; MELDONIAN, 1998; entre outros), o que leva a crer que o PIR deva ser desenvolvido por um órgão regulador e planejador do setor elétrico que produza estudos de caso com o *Relatório PIR-RBPC*.

- ✓ O órgão planejador e regulador federal ou regional com *Relatório PIR*: esse órgão pode estar na ANEEL, no CONAMA e assim por diante, não necessitando da criação de um novo órgão público, porém é necessário que esse órgão trabalhe sempre com a meta de otimizar os múltiplos objetivos sociais e econômicos e dê prioridade aos programas e forneça opções de políticas energéticas e ambientais. Uma conseqüente sugestão, em concordância com JANNUZZI et al. (1997a), é que o órgão responsável inclua opções de GLD a serem implementadas em companhias elétricas, talvez como a condição de aprovação de novos projetos de expansão da oferta energética, sendo que essa metodologia torna-se mais relevante à medida que os governos se esforcem em criar comissões de regulamentação com a finalidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.
  
- ✓ O *Relatório PIR* feito pela concessionária: é necessário desenvolver *Relatórios PIR* nas concessionárias, devendo ser aprovado pelo órgão regulador e planejador, pois para visar ao desenvolvimento econômico e sócio-ambiental regional dentro da moderna concepção do setor energético, em concordância com BAJAY et al. (1998), o governo deverá atuar na regulação, no planejamento indicativo e na formação de políticas energéticas.
  
- ✓ A inserção do *Relatório PIR* nos recentemente legalizados comitês de bacias hidrográficas brasileiros: os comitês iniciam uma descentralização administrativa com uma política orientada para a nação e para o mundo, pois concordando com BAJAY (1997b), quando se dispõe de bacias fluviais econômica e socialmente estratégicas, o ideal é que um desenvolvimento harmonioso dos possíveis usos múltiplos dos seus recursos seja planejado e administrado por uma empresa governamental tipo autoridade do rio, como acontece em diversas regiões dos EUA e Europa.

- ✓ A descentralização da tomada de decisão: a discussão política atual diz respeito à federalização ou descentralização dos comitês de bacias hidrográficas. Caso se decida pela descentralização, mais interessante para o meio ambiente regional, é necessário estar ciente de que exigirá uma regulamentação forte (coordenação nacional) que obrigue as cidades de todos os Estados inseridos na bacia a participarem do comitê, uma vez que não adianta as cidades de um estado despoluírem suas águas enquanto outras situadas em outros Estados e às vezes na cabeceira da bacia criam distritos industriais, algumas vezes até fazendo propaganda que não possuem obstáculos ambientais.
  
- ✓ O cálculo de emissão de CO<sub>2</sub>: é necessário aprofundar os cálculos dos índices da figura 2.3, pois em concordância com ROBSON et al. (1994) considera-se como uma importante externalidade sendo de alto valor e incerteza uma vez que é associada a efeitos dos combustíveis fósseis de escala regional e global de irreversível potencialidade. Sugere-se fazer um estudo mais detalhado, contabilizando todos os gases que contribuem com o efeito estufa, assim como calculando as emissões das barragens das hidroelétricas (IPCC, 1995a/b). Uma outra sugestão é com relação ao aprofundamento da análise da capacidade financeira da área energética e ambiental da região em estudo, por ser importante área para projetos de MDL e financiamento do Banco Mundial, etc., pois as atuais tecnologias de aproveitamento do bagaço, palhas e pontas da cana-de-açúcar poderiam ser melhoradas, mesmo para garantir a manutenção do consumo de álcool nos veículos brasileiros, já que muitas das oportunidades existentes com relação a uso eficiente de energia e fontes renováveis estão freqüentemente disponíveis de maneira descentralizada, necessitando de investimentos e agentes locais para serem implementadas.
  
- ✓ O setor elétrico brasileiro: é necessário visar a maior autonomia de eletricidade, pois o setor elétrico já está sofrendo com o risco de queda de energia, existindo inclusive propostas nacionais de compra de eletricidade de outros países como da Venezuela e da Argentina (FOLHA DE SÃO PAULO, 1997b e 1997c).

- ✓ A geração das alternativas de PIR pela metodologia GAIA: pelos critérios dos EIAs, é necessário que as *alternativas de PIR* agreguem os números mais amplos de objetivos, que devem ser tratados de forma independentes entre si e com profundidade, mesmo que possam ser relacionados numa possível decisão final, como p.ex., quanto mais emprego regional, mais demanda e mais produção local de energia elétrica (COLORNI et al., 1991; QUEIROZ et al., 1995a).
  
- ✓ Os métodos de avaliação dos múltiplos objetivos: é necessário otimizar-se de forma integrada, que segundo BAJAY (1997b), esses métodos de avaliação de múltiplos objetivos têm sido cada vez mais utilizados no planejamento da expansão do setor elétrico como ferramentas eficientes na busca de soluções de compromisso à diminuição de certos impactos ambientais negativos de seus projetos, a expansão dos sistemas públicos de fornecimento de energia elétrica brasileira com a expansão dos sistemas privados de produtores independentes e autoprodutores interligados e com a expansão dos sistemas de suprimento de certos combustíveis das termelétricas e combustíveis oriundos da biomassa, que possuem cadeias energéticas complexas, econômica e ambientalmente sensíveis. Sugere-se uma continuidade e aprofundamento dos tantos tipos de avaliação de múltiplos objetivos, como a APMO da metodologia do *Relatório PIR*, estudados pela UNICAMP (BALESTIERI, 1994; HADDAD, 1993; CORREIA, 1988; VALENZUELA, 1993; SANT'ANA, 1995; CHAN, 1996; CARVALHO, 1998; entre outros).
  
- ✓ O Relatório PIR e a metodologia APMO no setor elétrico brasileiro: o uso da ferramenta APMO é importante pois segundo BAJAY (1997a e 1997b), a Organização Latino-Americana de Energia (OLADE, 1993a e 1993b), desenvolveu o módulo SUPER/OLADE-BID, com um módulo ambiental que qualifica os impactos ambientais produzidos pelos diversos projetos de geração elétrica, porém o setor elétrico brasileiro ainda não explorou esta promissora vertente devido à dificuldade de contabilização dos impactos ambientais e sociais, embora fáceis de quantificar, pois as externalidades são complexas ou controversas para converter em custos acessíveis (COLORNI et al., 1988; QUEIROZ et al., 1995b).

## Referências Bibliográficas

- AAE. SICEN, *Uso final de energia nas indústrias do Estado de São Paulo por Regiões Administrativa 1986/1989*. Agência para Aplicação de Energia. São Paulo, SP, 26p, 1990.
- Ángel, E. S.; Carmona, S. I. M.; Villegas, L. C. R. *Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo - Una propuesta desde los proyectos energéticos*. Fondo FEN Colombia, Primera Edición, Santafé de Bogotá, D.C., p. 290, 1996.
- Bae, C-HC. The equity impacts of the Los Angeles' air quality policies. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 9, september, p. 1563-1584, 1997.
- Barbosa, S. R. da C. S. (Org.). *A Questão Ambiental: cenários de pesquisa. A experiência do Ciclo de Seminários do NEPAM*. Volume 2. Textos Nepam, Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, UNICAMP, Série Divulgação Acadêmica, número 03, 334 págs., 1995.
- Barbosa, S. R. da C. S. (Org.). *A Temática Ambiental e a Pluralidade do Ciclo de Seminários do NEPAM*. Textos Nepam, Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, UNICAMP, Série Divulgação Acadêmica, número 04, 425 págs., 1998.
- Bajay, Sergio Valdir. *Analysis of regional development alternatives for large power generation systems - a methodological approach concerning the brazilian south eastern region*. Tyne: Faculty of Engineering, University of Newcastle, England, 1981, Thesis (Ph.D.)

- Bajay, S. V.; Lima, P. C. A comprehensive long-term production scheduling model for hydrothermal power systems. *In: Power Systems Computation Conference*, 8. Helsinki, 1984. *Proceedings...Butterworths*, p. 244-250.
- Bajay, S. V.; Carvalho, E. B. de; Jannuzzi, G. M. et al. Planejamento integrado de recursos: conceito, origem, difusão e vantagens em comparação com o planejamento tradicional da expansão do setor elétrico. *In: Congresso Brasileiro de Energia*, 7. Rio de Janeiro, RJ, 1996a. *Anais... v. 3*, COPPE/UFRJ, RJ, p. 1714-1724.
- Bajay, S. V. et alii. *Elaboração e implementação de um sistema de planejamento integrado de recursos no setor elétrico brasileiro - fase 1. Relatório técnico II, contrato ELETROBRÁS (PROCEL) / UNICAMP / FUNCAMP. NIPE / PRDU / UNICAMP e DE / FEM / UNICAMP*, agosto de 1996b, p. 112.
- Bajay, S. V. Planejamento da expansão de sistemas hidrotérmicos de potência: o estado da arte, a prática do setor elétrico brasileiro e novas necessidades. *In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica*, 9-13 de novembro, 1997a, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais... v. 1*, p. 56-61.
- Bajay, S. V. Planejamento da operação, a longo prazo, de sistemas hidrotérmicos de potência: o estado da arte, a prática do setor elétrico brasileiro e novas necessidades. *In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica*, 9-13 de novembro, 1997b, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais... v. 1*, p. 49-51.
- Bajay, S. V.; Carvalho, E. B. Planejamento Indicativo: Pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico. *In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, São Paulo, julho, 1998, 6 págs.

- Balestieri, José Antonio Perrella. *Planejamento das Centrais de Co-geração: uma abordagem multiobjetiva*, Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1994. Tese (Doutorado), 157 p.
- Bartelmus, P. *Environment, growth and development: the concepts and strategies of sustainability*. First published 1994, Cornwall, Great Britain: T. J. Press (Padstow) Ltda, reprinted 1996.
- BCUC. *Integrated resources planning ("IRP") guidelines*. British Columbia Utilities Commission, Vancouver, BC, Canada, 1993.
- Beatty, C.; Fothergill, S.; Lawless, P. Geographical variation in the labour - market adjustment process: the UK coalfields 1981-91. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 11, november, p. 2041-2061, 1997.
- BEESP. *Balanço Energético do Estado de São Paulo - 1982 e 1983*, Conselho Estadual de Energia/CESP, São Paulo (SP), 1985.
- BEESP. *Balanço Energético do Estado de São Paulo - Ano Base 1994*, São Paulo (SP), 1996a.
- BEESP. *Balanço Energético do Estado de São Paulo - Ano Base 1995*, São Paulo (SP), 1996b.
- BEN. *Balanço Energético Nacional - 1995*, Ministério das Minas e Energia, Brasília, DF, Brasil, 1996.
- Benayoun, R.; Roy, B.; Sussaman, B. *ELECTRE: une méthode pour guider le choix en presence de points de vue multiples*. SEMA (metra international), Direction Scientifique, Note de Travail 49, Paris, june 1966.
- Bernal-Meza, R. *Claves del nuevo oredem mundial: cambios centrales y condicionamientos estructurales*. Buenos Aires: Grupo Editor latinoamericano, 1991.

Bromley, D. W. *Economic Interest and Institutions: the Conceptual Foundations of Public Policy*. Oxford: Basil Blackwell, 1989.

Buchanan, J. M. Politics, Policy and the Pigovian Margins, *In: Economics*, 29, p. 17-28, 1962.

Buttel, F.; Larson, O. Whither environmentalism. *Natural Resources Journal*, New York, 1980.

Button, K. J.; Pearce, D. W. Improving the urban environment: how to adjust national and local government policy for sustainable urban growth. *Progress in Planning*, V. 32, p. 137-184, 1989.

CAGED. *Cadastro Geral de Empregados e Desempregados*, Lei 4923/65, 1995.

Canavarros, Otacílio Borges. *Consumo e potencial de Energia da Região de Campinas - Estudo de Viabilidade de Substituição de Energéticos*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1994. Dissertação (Mestrado), 91 p.

Carvalho, Eliane Bezerra de. *Otimização da operação de fornos elétricos de arco direto*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. Dissertação (Mestrado), 78 p.

Cavaliere, Carla Kazue Nakao. *Redução das Emissões de CO<sub>2</sub> do Segmento Siderúrgico Nacional e do Estado de São Paulo Através da Injeção de Combustível Auxiliar em Alto Forno: Estudo de Casos na ACESITA e COSIPA*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. Dissertação (Mestrado), 105 p.

CESP. *Estudo de Impacto Ambiental da Usina Termelétrica de Paulínia*, Companhia Energética de São Paulo, volume 1 e 2, julho, 1990.

- CESP. *Usinas Hidroelétricas em São Paulo: mapa de localização dos aproveitamentos hidroelétricos (85x55cm)*, Companhia Energética de São Paulo, São Paulo (SP), 1993.
- CESP. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica, consumo por município - Estado de São Paulo*, série indicadores 007, Companhia Energética de São Paulo, no. 26, 1995, 13 de janeiro, 1997.
- Chan, Chiu Yuen. *Método STEM adaptado a grafos: expansão de geração de sistemas hidrotérmicos considerando objetivos econômicos e ambientais*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado), 76 p.
- Chattopadhyay, D.; Banerjee, R.; Parikh, J. Integrating Demand Side Management in Electricity Utility Planning: a multiobjective approach, Indira Gandhi Institute of Development Research, Bombay, India. *Proceedings IEEE Power Engineering Society 1994 Summer Meeting*, San Francisco, CA, USA, July 24-28, p. 7, 1994.
- Cho, M-R. Large-small firm networks: a foundation of the new globalizing economy in South Korea. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 6, June, p. 1091-1108, 1997.
- Chudnovsky, D.; López, A.; and Porta, F. Market or policy driven? The foreign direct investment boom in Argentina. *Oxford Development Studies*, England: University of Oxford, Oxford: Interantional Development Center ISSN 1360 0818, V. 25, N. 2, June, p. 173-188, 1997.
- Colomi, A.; Laniado, E. A Decision Support System for Choosing among Alternative Projects. In: 11th Seminar of European Association of Agricultural Economists on Multipurpose Agriculture and Forestry, 1987, Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel. *Proceedings...* p. 39-51.
- Colomi, A.; Laniado, E.; Rosace, F. *VISPA - Valutazione Integrata per la Scelta tra Progetti Alternativi*. Milão: Clup, Milano (Italia), 1988, 56p.

Colorni, A.; Laniado, E. *GAlA - Guia à Análise de Impacto Ambiental*. Milão: Clup, Milano (Itália), 1991, 121 p.

CONAMA. *Resolução N.º 001 de 23 de janeiro de 1986*, publicado no D.O.U. de 17/02/86. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986.

Conradson, D.; Pawson, E. Reworking the geography of the long boom: the small town experience of restructuring in Reefton, New Zealand. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 8, august, p. 1381-1397, 1997.

Contreras, A.; Yigit, K. S.; Veziroglu, J. N. Spanish energy planning towards a sustainable. *Energy: Conversion & Management, an international journal*, Oxford: Pergamon, Great Britain: Elsevier Science Ltda. ISSN 0196 8904, V. 38, N. 5, march, p. 443, 1997.

Cooper, R. N. A Treaty on Global Climate Change: Problems and Prospects. *Proceedings...* Harvard University, IPIECA Symposium, USA, 1997. p. 9.

Correia, Paulo de Barros. *Um modelo multissetorial para a otimização do suprimento de energia: eletricidade, gás natural e cogeração com biomassa*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1988. Tese (Doutorado), 175 p.

CORREIO POPULAR. *FHC assina contrato para a obra de gasoduto*. Correio Popular, caderno de economia, página 4, 26 de julho, Campinas (SP), 1997a.

CORREIO POPULAR. *Esperança para os municípios canavieiros*. Correio Popular, caderno de agricultura página 2, 26 de julho, Campinas (SP), 1997b.

CPFL. *Boletim Estatístico de Operação*, Ano 26 N.304, Dezembro 1995, Companhia Paulista de Força e Luz, 1996.

Daly, H. & Cobb, J. *Redirecting the economy toward community, the environment and a sustainable future*. Boston: Beacon Press, 1989.

Daly, H. & Cobb, J. *For the Common Good*. London: Greenprint Press, 1990.

Daniel, W. B. *Environment and Economy: Property Rights & Public Policy*, Cambridge USA Oxford: Blackwell Publishers, 247 p., 1991.

DNC. Dados de Vendas de Combustíveis do Departamento Nacional de Combustíveis, Brasil, 1996.

ECON. *Joint Implementation: Theoretical Considerations with Perspectives from the Industrial and Land Use Sectors*, Centre for Economic Analysis, report 1/97, project no. 10240, ISSN: 0803-5113, ISBN: 82-7645-192-6, PPA/THA/nst.ESS, 26, march, Comissioned by the World Bank, Oslo, Norway, 1997a.

ECON. *Domestic climate regimes and incentives for private sector involvment in JI*, Centre for Economic Analysis, report 15/97, project no. 10240, ISSN: 0803-5113, LLU/akk, 5, august, Comissioned by the World Bank, Oslo, Norway, 1997b.

ECON. *Incentives for private sector investment in JI - four case studies - Netherlands, USA, Norway and Costa Rica*, Centre for Economic Analysis, report 16/97, project no. 10240, ISSN: 0803-5113, ISBN: 82-7645-204-3, LLU/akk, 1, august, Comissioned by the World Bank, Oslo, Norway, 1997c.

Ekins, P. The kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 5, may, p. 805-830, 1997.

ELETROBRÁS. *A Oferta de Energia Elétrica, Plano 2015*. Eletricidade Brasileira, projeto 4, dezembro, 1993.

ELETROBRÁS. *Dados conseguidos junto à Companhia de Eletricidade Brasileira*, 1996.

ENI. *Apostila de Avaliação de impacto ambiental*. Enti Nazionale de Idrocarburi, Mestrado em Economia de Energia e do Meio Ambiente, Scuola Superiore Enrico Mattei, Milão, Itália, 1994, p. 230.

ESTADO DE SÃO PAULO. *CDROM - Energia no Estado de São Paulo*, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Energia de São Paulo, CESP-CPFL-ELETROPAULO-COMGÁS, Produção megamídia, 1997.

Ferreira, A. L.; Bajay, S. V. A internalização dos custos ambientais e sociais da geração de energia elétrica: experiência internacional e perspectivas para o Brasil. *In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica*, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais...* v. 1, p. 62-66.

Ferreira, L. C. (Org.). *Ambiente e Sociedade: possibilidades e perspectivas de pesquisas*. Volume 1. Textos Nepam, Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, UNICAMP, Série Divulgação Acadêmica, número 02, Campinas, 212 págs., 1992.

Ferreira, L. C. *Os Fantasmas do Vale: Qualidade Ambiental e Cidadania*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, Coleção Momentos, NEPAM, 188 p., 1993.

FGV. *Dicionário de ciências sociais*. Fundação Getulio Vargas, MEC - Fundação de assistência ao estudante, Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1986, 1421 págs.

Friedman, J. *Planning in the public domain: from knowledge to action*. Princeton: Princeton University Press, 1987.

FOLHA DE SÃO PAULO. *Dados preliminares do anuário estatístico do IBGE - 1996*, Rio de Janeiro, publicado na Folha de São Paulo em 03 de março, 1997a.

FOLHA DE SÃO PAULO. *Venezuela e Brasil Interligados para o Progresso*. Folha de São Paulo, página 19 do caderno 1 (brasil), 31 de agosto, São Paulo (SP), 1997b.

FOLHA DE SÃO PAULO. *Operação no limite eleva risco de blecaute*. Folha de São Paulo, páginas 12 e 13 do caderno 2 (dinheiro), 07 de setembro, São Paulo (SP), 1997c.

Galvão, L. C. R.; Reis, L. B. D.; Udaeta, M. E. M. O gerenciamento do lado da demanda - GLD e a abordagem dos usos finais. In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais...* v. 1, p. 362-367.

Gauch, H. G. J. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

Gerelli, E.; Laniado, E. Storia, Motivazioni e Finalità della Valutazione di Impatto Ambientale. *Terra*, n. 2, 1987.

Ghai, D. *Grassroots/environmental action: peoples participation in sustainable development*. London: Routledge, 1995.

Goicoechea, A.; Hansen, D. R.; Duckstem, L. *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*. New York: John Wiley & Sons, 1982, p. 519.

Gould, M. I.; Fieldhouse, E. Using the 1991 census SAR in a multilevel analysis of male unemployment. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 4, april, p. 611-628, 1997.

Gouvello, C. *Comunicação Pessoal*, 1997. CIRED/Paris - França.

- Grubb, M. *Seeking Fair Weather: Ethics and the International Debate on Climate Change*, IPCC, livro COPPE/UFRJ - ENERGE - ALAPE, Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View, Editors Luiz Pinguelli Rosa and Marco Aurélio dos Santos, in Proceedings of latin-American Workshop on Greenhouse Gas Emission of Energy sector and Their Impacts, February, 1996.
- Haddad, Jamil. *Uma Contribuição à Análise de Conservação de Energia Elétrica Utilizando a Teoria dos Conjuntos Fuzzy*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1993, 220p, Tese (doutorado).
- Hashem, J.; Haites, E.; Vanderhoff, D. The reality: externality requirement do little for DSM. *In Proceedings...ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Monterrey, CA, September, 1994.
- Henry, J. G.; Heinke, G. W. *Environmental Science and Engineering: second edition*, New Jersey: Prentice-Hall Inc., ISBN 0-13-120650-8, 1996.
- Hirst, E. *A good integrated resource plan: guidelines for electric utilities and regulators*. Oak Ridge: Oak Ridge National laboratory, tennessee, USA, 1992.
- Hogan, D. J. & Vieira, P. F. (Orgs.). *Dilemas Sócio-Ambientais e Desenvolvimento Sustentável*, Campinas, SP: Editora da UNICAMP, NEPAM, 234 p., 1992.
- Howe, Ch. *Natural Resource Economic Issues, Analysis and Policy*. New York: John Wiley and Sons, 1979.
- Hughes, L.; Scott, S. Canadian greenhouse gas emissions: 1990-2000. *Energy: Conversion & Management, an international journal*, Oxford: Pergamon, Great Britain: Elsevier Science Ltda. ISSN 0196 8904, V. 38, N. 3, february, p. 217-224, 1997.

- Ianni, O. *A crise de paradigmas na sociologia*. Campinas: Cadernos do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, setembro 1990.
- IBGE. *Anuário Estatístico 1994*, Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- IPCC. *Software IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, UNEP/OECD/IEA/IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Bracknell, 1995a.
- IPCC. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, UNEP/OECD/IEA/IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Bracknell, 3 Volumes, 1995b.
- Jannuzzi, Gilberto De Martino. *The Structure and Development of personal Demand for Fuels and Electricity in Brazil: 1960-1982*. PH.D. diss., Energy Research Group, Cavendish Laboratory, Universidade de Cambridge, Inglaterra, 1985.
- Jannuzzi, G. M.; Mammana, G. P.; Queiroz, G. C. et al. *Estimativas do consumo de eletricidade para o ano 2.000 para o Estado de São Paulo e Região de Campinas, considerando possíveis modificações no estoque de tecnologias*. Campinas: AIPSE/FEM/UNICAMP, relatório de projeto financiado pela The Alton F.Jones Foundation e The Tides Foundation, 1993.
- Jannuzzi, G. M.; Silva, E. P.; Queiroz, G. C. et al. *Uso Eficiente de Energia e Desenvolvimento Regional*, UNICAMP e ELETROBRÁS-PROCEL/PNUD No. BRA/93/032. Primeiro Relatório Técnico, Convênio Funcamp/Eletróbrás/Nepam 68/95, Campinas, SP, 1996.
- Jannuzzi, G. M.; Queiroz, G. C. Um Inventário de Emissões de Gases Estufa a nível Regional: Metodologia e Resultados para a Bacia dos Rios Piracicaba e Capivari (São Paulo). In *Anais...VI Congresso Brasileiro de Energia e II Seminário Latino Americano*, 22-25 Outubro, Rio de Janeiro, 1996 , p. 670-683.

- Jannuzzi, G. M.; Queiroz, G. C. Um Inventário de Emissões de Gases Estufa a nível Regional: Metodologia e Resultados para a Bacia dos Rios Piracicaba e Capivari (São Paulo). In *Revista de Tecnologia e Ambiente* da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, Santa Catarina, V. 2, N. 2, 1996, p.59-72.
- Jannuzzi, G. M.; Silva, E. P.; Queiroz, G. C. et al. *Uso Eficiente de Energia e Desenvolvimento Regional*, UNICAMP e ELETROBRÁS-PROCEL/PNUD No. BRA/93/032. Relatório Final, Convênio Funcamp/Eletróbrás/Nepam 68/95 PADCT, Campinas, SP, 1997.
- Jannuzzi, G. M.; Swisher, J. N. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - Meio Ambiente, Conservação de Energia Elétrica e Fontes Renováveis*. São Paulo: Editora Autores Associados (Campinas) UNEP/PROCEL-ELETROBRÁS, 1997a, 246p.
- Jannuzzi, G. M.; Silva, E. P.; Canavarros, O. B. A Questão Energética em Mato Grosso - elementos essenciais ao planejamento, Convênio UNICAMP/FUFMT, Cuiabá (MT), julho, 1997b.
- Jerrett, M. et alii. Environmental equity in Canada: an empirical investigation into the income distribution of pollution in Ontario. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 10, october, p. 1711-1900, 1997.
- Jones, M. R. Spatial selectivity of the state? The regulationist enigma and local struggles over economic governance. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 5, may, p. 831-864, 1997.
- Jongman, R. H. G.; Ter Braak, C. J. F.; Van Tongeren, O. F. R. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University press, 2nd. Ed., 1995.
- JWCA. *Pesquisa sobre Utilização de Energia no Setor de Serviços*, Jorge Wilhelm Consultores Associados, São Paulo, abril, 1989.

- Kamal, W. A. Improving energy efficiency - the cost-effective way to mitigate global warming. *Energy: Conversion & Management, an international journal*, Oxford: Pergamon, Great Britain: Elsevier Science Ltda. ISSN 0196 8904, V. 38, N. 1, January, p. 39-60, 1997.
- Kuhn, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1978.
- Kula, E. *Economics of Natural Resources, the Environment and Policies: Global Warming, a fascinating problem... second edition*, UK: Chapman & Hall: St. Edmundsbury Press, 377 p., 1994.
- Laniado, E. *Dalla pianificazione territoriale alla prassi di valutazione d'impatto*. p. 75, *Cultura dell'informazione e gestione dell'ambiente*, Ed. Scient. Italiane, 1991.
- Lashof, D. A.; Ahuja, D. R. *Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming*, *Nature* 344 (6266), pp. 529-531, 1990.
- Lester, J. P. (Org.) *Environmental politics and policy - theories and evidence*. Durham and London: Duke University Press, 1989.
- Malthus, T. *An Essay on the Principle of Population*. First published in 1798, reprinted by London: Macmillan, 1909.
- Mammana, Guilherme Pellegrini. *O financiamento do setor elétrico e as políticas de meio ambiente e conservação de energia no Brasil*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 1994. Dissertação (Mestrado), 172 p.
- Manly, B. F. J. *Multivariate statistical methods: a primer*. London: Chapman & Hall, 1994.
- Marshall, A. *Principles of Economics*. London: Macmillan, 1890.

Martine, G. (Org.). *População, Meio Ambiente, Desenvolvimento: Verdades e Contradições*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, Coleção Momentos, NEPAM, 207 p., 1993.

Martinelli, L. A.; Krusche A. V. and Victoria, R. L. *Changes in Carbon Stock Associated to land-Use/Cover Changes and Emissions of CO<sub>2</sub>*, CENA, Piracicaba, livro COPPE/UFRJ - ENERGE - ALAPE, Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View, Editors Luiz Pinguelli Rosa and Marco Aurélio dos Santos, in Proceedings of latin-American Workshop on Greenhouse Gas Emission of Energy sector and Their Impacts, February, 1996.

Marx, K. *Capital - Vols I, II and III*. Reprinted by London: Lawrence and Wishart, 1970, 1970 and 1972.

Meadows et alii. *The Limits of Growth*. London: Pan Books, 1972.

Meldonian, Nelson Leon. *Alguns aspectos do lixo urbano no Estado de São Paulo e considerações sobre a reciclagem do alumínio e do papel*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998. Tese (Doutorado), 196 p.

Milbrath, L. W. *Envisioning a sustainable society - learning our way out*. Albany: University of New York Press, 1989, 366p.

Mill, J. S. *Principles of political Economy*. London: Parker, 1857.

Morin, E. *O paradigma perdido: a natureza humana*. Lisboa: Ed. Europa-América, 3. ed., 1973.

Morrison, R. *Ecological Morrison*. Boston: South End press, 1995.

- Nepam. *Relatório final: Qualidade ambiental e desenvolvimento regional nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. Núcleo de estudos e pesquisas ambientais (UNICAMP), PADCT/CIAMB e Fapesp, setembro de 1997, cinco volumes, 850 págs., Campinas, SP.
- OLADE. *SUPER / OLADE - BID: instructivo de instalacion, version 1.0 - 4/93*. Quito, Equador, 1993a.
- OLADE. *Manual de referência do modelo SUPER / OLADE - BID*. Quito, Equador, 1993b.
- Oxford. *The compact edition: the Oxford english dictionary - supplement and bibliography*. Oxford University Press, 1979, 4116 p.
- Pearce, D. W.; Turner, R. K. *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 378 p., 1990.
- Pearce, D. W.; Turner, R. K.; O'Riordan, T. et al. *Blueprint series: Blue 1 - Blueprint for a Green Economy, 1989; Blue 2 - Greening the World Economy, 1991; Blue 3 - Measuring Sustainable development, 1993*.
- Pedroso, Francisco Jorge Júnior. *Avaliação energética e estimativa das emissões de poluentes pelo setor de transportes da região administrativa de Campinas*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado), 91 p.
- Pielou, E. C. *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. New York: Wiley, 1984.
- Pigou, A. C. *Wealth and Welfare*. London: Macmillan, 1912.
- Pigou, A. C. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan, 1920.

- Pompermayer, Máximo Luiz. *Conservação de energia através da racionalização do uso urbano de água: uma análise das possibilidades, baseando-se na cidade de Campinas - SP*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado), 207 p.
- PROCEL. *Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo*, relatórios vol. 1, 2 e 3, 1989.
- Psarras, J, et alii. Multiobjective programming. *Energy*, Vol. 15, No. 78, p. 583-605, 1990.
- Queiroz, Guilherme de Castilho. *Il "Dilemma Carbone" tra Salvaguardia dell'Occupazione e Tutela Ambientale: Il Caso di Santa Catarina in Brasile*, Tese de Mestrado apresentada na Scuola Superiore Enrico Mattei - ENI/Milano/Italia, 62 págs., 1994.
- Queiroz, G. C.; Rodrigues, E. C. *GAIA - Tradução do Software - Guia de Avaliação de Impacto Ambiental*, Scuola Superiore Enrico Mattei e Politecnico di Milano, Milão, Itália, 1995a.
- Queiroz, G. C.; Rodrigues, E. C. *VISPA - Tradução do Software - Avaliação Integrada - Escolha entre Projetos Alternativos*, Scuola Superiore Enrico Mattei e Politecnico di Milano, Milão, Itália, 1995b.
- Queiroz, G. C. & Jannuzzi, G. M. Um Planejamento Energético e Ambiental Regional: Metodologia e resultados para a bacia dos Rios Piracicaba e Capivari (São Paulo). *In Anais: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Eletricidade*, Campos do Jordão (SP), 9 - 13 de novembro, V. 1, p. 73-78, 1997.
- Queiroz, G. C. & Jannuzzi, G. M. Um Planejamento Energético e Ambiental Regional: Metodologia e resultados para a bacia dos Rios Piracicaba e Capivari (São Paulo). *In Revista de Tecnologia e Ambiente* da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, Santa Catarina, V. 3, N. 1, p. 69-79, 1997.

Reche, Ana Lúcia R. da Silva. *Conservação de energia de sistemas de iluminação de edificações*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1991, 193p, Dissertação (Mestrado).

Reis, E. *An Econometric Model of Amazon Deforestation*, IPEA, Rio de Janeiro, June, 1992.

Repetto, R. Economic incentives for sustainable production. In: G. Schrom and J. Walford (eds.) *Environment Management and Economic Development*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1989.

Ricardo, D. *Principles of Political Economy and Taxation*. Reprinted by London: Everyman, 1926.

Robson, A.; Turner, W. J. *Environmental economics and electricity generation*, in Proc. Instn. Mech. Engrs., part A: journal of power and energy, V. 208, pp. 177 - 190, 1994.

Rodrigues, Manoel Gonçalves. *Um estudo sobre a expansão do gás natural no Brasil num contexto de integração regional*, Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995. Tese (Doutorado), 164 p.

Rosa, L. P. and Schaeffer, R. *Global Warming Potentials*, in Energy policy, V. 23, N. 2, pp. 149 - 158, 1995a.

Rosa, L. P. e Santos, M. A. *Energy and Environment: A Survey of CO<sub>2</sub> Emissions Sources of Brasil*, in Sixth Global Warming International Conference and Expo on the Scientific and Policy Issues Facing All Governments, April 5-7, San Francisco, EUA, 1995b.

- Rosa, L. P. *Risks, Uncertainty and the Equity Issue in GHG Emissions: A Latin American View Point*, COPPE, livro COPPE/UFRJ - ENERGE - ALAPE, Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View, Editors Luiz Pinguelli Rosa and Marco Aurélio dos Santos, in Proceedings of latin-American Workshop on Greenhouse Gas Emission of Energy sector and Their Impacts, February, 1996.
- Rovere, E. L. *The Prevention of Global Climate Changes and Sustainable Energy Development in Brazil*, PPE/COPPE/UFRJ, livro COPPE/UFRJ - ENERGE - ALAPE, Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View, Editors Luiz Pinguelli Rosa and Marco Aurélio dos Santos, in Proceedings of latin-American Workshop on Greenhouse Gas Emission of Energy sector and Their Impacts, February, 1996.
- Roy, B.; Bertier, B. *La méthode ELECTRE II: une méthode the classement en présence de critères multiples*. Note de Travail 142, Direction Scientifique Grupe Metra, Avril, 1971.
- Salcedo, Marco Yánez. *Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas*, Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado), 164 p.
- Salcedo, M. Y.; Jannuzzi, G. M.; Silva, E. P. Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas - SP. In: *Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia*, Vol. IV, pp. 2218-2229. Rio de Janeiro (RJ), 1996.
- Sales, Francisco de Assis Filho. *Perspectivas de penetração do gás natural canalizado na Região Metropolitana de Fortaleza: uma análise de risco*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1992. Dissertação (Mestrado), 153 p.

- Sant'Ana, Claudinei de Camargo. *Otimização do transporte de gás natural: uma aplicação de programação dinâmica*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995, 83p, Dissertação (Mestrado).
- SEADE. *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1995*, São Paulo, 1996.
- Seo, F.; Sakawa, M. *Multiple criteria decision analysis in regional planning - concepts, methods and applications*. Holland: D. Reidel Publishing Company, 1987, p. 535.
- Serafini, P. Ottimizzazione Vettoriale, *In Proceedings...*G. Carpaneto, G. Di Pillo, *Metodi e Algoritmi per l'Ottimizzazione*, Pitagora, Bologna, Italia, 1984.
- Silva, J. A. *Direito ambiental constitucional*. São Paulo: Malheiros Editores Ltda.. 1994, p.242.
- Silveira, José Luz. *Cogeração disseminada para pequenos usuários: estudo de casos para o setor terciário*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1994, Tese (Doutorado), 211 p.
- Soltermann, O E. *Apostila do curso de Especialização em Gestão Ambiental*, FEM/UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1995.
- Spinadel, E, Nuñez, S. L. G., Gamallo, F. Hidrogeno como vector en el mercosur para transmission de energia eolica desde la patagonia y como vehiculo para su "exportacion" a ultramar. *In Anais: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Eletricidade*, Campos do Jordão (SP), 9 - 13 de novembro, V. 1, p. 153-157, 1997.
- Steuer, R. E *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application*, John Wiley & Sons, New York, 1986, p. 540.

Swisher, J. N. Barriers and incentives for utility energy efficiency programs in deregulated markets. *In Proceedings... ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Monterrey, CA, September, 1994.

Swisher, J. N.; Jannuzzi, G. M.; Redlinger, R. Y. *Tools and Methods for: Integrated Resources Planning - Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment*. Denmark: Grafisk Service, Riso National Laboratory UNEP, november 1997, 259p.

Turner, R. K.; Pearce, D.; Bateman, I. *Environmental Economics: an elementary introduction*, Baltimore: The John Hopkins University Press, 328 p., 1993.

Udaeta, Miguel Edgar Morales. *Planejamento integrado de recursos energéticos - PIR - para o setor elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável)*. São Paulo: Escola Politécnica, Univesidade de São Paulo, 1997. 347 p. Tese (Doutorado)

Ugaya, Cássia Maria Lie. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: uma aplicação da modelagem na Região Administrativa de Campinas*, Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado), p. 190.

Ugaya, C. M. L.; Jannuzzi, G. M. Planejamento integrado de recursos energéticos: uma aplicação no setor elétrico da região administrativa de Campinas. *In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica*, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais...* v. 1, p. 368-373.

UNEP. *Workshop Statement - African Greenhouse Gas Emission Inventories and Mitigation Options: Forestry, Land-Use Change, and Agriculture*, Johannesburg, Sponsored by United States Country Studies Program, United Nations Environment Programme, South Africa, 29 May - 2 June, 1995.

- US. *Interim Report on Climate Change Country Studies*, US Country Studies Program, US Government Printing Office, DOE/PO-0032, March, Washington, DC, 1995.
- Valenzuela, Eduardo Mirko Turdera. *Otimização da expansão de um sistema energético visando grafos generalizados: estudo de caso da Bolívia*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1993, 88p, Dissertação (Mestrado).
- Verhoef, E. T.; Van den Bergh, J. C. J. M.; and Button, K. J. Transport, spatial economy, and the global environment. *Environment and Planning*, London: Pion Limited England (Great Britain) ISSN 0308 518 X, V. 29, N. 7, July, p. 1195-1213, 1997.
- Viola, E. J.; Leis, H. R. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multissetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável, p. 73-102, *In: Dilemas Sócio-Ambientais e Desenvolvimento Sustentável*, Hogan, D. J. & Vieira, P. F. (Orgs), Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 234 p., 1992.
- Vizhñay, J. P. M. *Iluminação de rua eficiente no Equador*, dissertação (mestrado), 02 de fevereiro, Universidade de São paulo, USP: São Paulo (SP), 1996.
- Walter, Arnaldo César da Silva. *Impacto dos programas de conservação na demanda energética industrial do estado de São Paulo*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1987, Dissertação (Mestrado).
- Walter, Arnaldo César da Silva. *Viabilidade e perspectiva da cogeração e da geração termoelétrica junto ao setor sucro-alcooleiro*. Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1994, Tese (doutorado), 283 p.

Walter, A. C. S.; Bajay, S. V. Barreiras à difusão da geração descentralizada no setor elétrico brasileiro. *In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica*, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. *Anais...* v. 1, p. 52-55.

Waltz, F. M. An engineering approach: hierarchical optimization criteria. *IEEE transactions*, Vol. AC-12, 1967.

WCED. *Our common future*. World Commission of Environment and Development, New York: Oxford University Press, 1987.

Weil, P. *O novo paradigma holístico: ondas à procura do mar*. *In: Brandão, D & Crema, R. (Orgs.). O novo paradigma holístico: ciência, filosofia, arte e mística*. São Paulo: Summus, 1994.

Zeleny, M. *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill Book Company, 1982.

## Apêndice A

### Resolução CONAMA

N.º 001, de 23 de janeiro de 1986 (Publicado no D.O.U. de 17/02/86)

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto n.º 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e

Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, RESOLVE:

**Artigo 1º** - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - saúdes, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

**Artigo 2º** - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

- I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;
- II - Ferrovias;
- III - Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;
- IV - Aeroportos, conforme definidos pelo inciso I, artigo 48, do Decreto Lei n.º 32, de 18.11.66;
- V - Oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;
- VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 kV;
- VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como; barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;
- VIII - Extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão);
- IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração;
- X - Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;
- XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;
- XII - Complexo e unidades industriais e agro-industriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos);
- XIII - Distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI;
- XIV - Exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100 hectares ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental;
- XV - Projetos urbanísticos, acima de 100 ha. ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da SEMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes;
- XVI - Qualquer atividade que utilize carvão vegetal, em quantidade superior a dez toneladas por dia.

**Artigo 3º** - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do IBAMA, o licenciamento de atividades que, por lei, seja competência federal.

**Artigo 4º** - Os órgãos ambientais competentes e os órgãos setoriais do SISNAMA deverão compatibilizar os processos de licenciamento com as etapas de planejamento e implantação das atividades modificadoras do meio ambiente, respeitados os critérios e diretrizes estabelecidos por esta Resolução e tendo por base a natureza, o porte e as peculiaridades de cada atividade.

**Artigo 5º** - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá as seguintes diretrizes gerais:

- I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão ambiental competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

**Artigo 6º** - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

- I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicado os fatores e parâmetros a serem considerados.

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente; ou o IBAMA ou, quando couber, o Município fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área.

**Artigo 7º** - O estudo de impacto ambiental será realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados.

**Artigo 8º** - Correrão por conta do proponente do projeto todas as despesas e custas referentes à realização do estudo de impacto ambiental, tais como coleta e aquisição dos dados e informações, trabalhos e inspeções de campo, análises de laboratório, estudos técnicos e científicos e acompanhamento e monitoramento dos impactos, elaboração do RIMA e fornecimento de pelo menos 5 (cinco) cópias.

**Artigo 9º** - O relatório de impacto ambiental - RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e conterá, no mínimo:

- I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;
- II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias-primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processo e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;
- IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como a hipótese de sua não realização;
- VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

Parágrafo Único - O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as conseqüências ambientais de sua implementação.

**Artigo 10º** - O órgão estadual competente, ou o IBAMA, ou, quando couber, o Município terá um prazo para se manifestar de forma conclusiva sobre o RIMA apresentado.

Parágrafo Único - O prazo a que se refere o *caput* deste artigo terá o seu termo inicial na data do recebimento pelo órgão estadual competente ou pela SEMA do estudo do impacto ambiental e seu respectivo RIMA.

**Artigo 11º** - Respeitado o sigilo industrial, assim solicitando e demonstrando pelo interessado o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados, nos centros de documentação ou bibliotecas da SEMA do estudo do impacto ambiental e seu respectivo RIMA.

§ 1º - Os órgãos públicos que manifestarem interesse, ou tiverem relação direta com o projeto, receberão cópia do RIMA, para conhecimento e manifestação.

§ 2º - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental e apresentação do RIMA, o órgão estadual competente ou o IBAMA ou, quando couber o Município, determinará o prazo para recebimento dos comentários a serem feitos pelos órgãos públicos e demais interessados e, sempre que julgar necessário, promoverá a realização de audiência pública para informação sobre o projeto e seus impactos ambientais e discussão do RIMA.

**Artigo 12º** - Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

*Fonte: (CONAMA, 1986).*

## Apêndice B

### **VISPA - Avaliação integrada - escolha entre projetos alternativos**

#### Tratamento dos dados iniciais

A matriz de avaliação constitui o conjunto de dados sobre o qual opera o programa VISPA: esta pode ser recebida do exterior (por exemplo, através do programa GAIA) ou também criada de modo autônomo no interior do VISPA e eventualmente memorizada.

#### *Normalização*

Na matriz de avaliação os indicadores são geralmente medidos em unidades complementarmente diversas entre si: pense, por exemplo, nos indicadores sócio-econômicos (como a taxa de desocupação ou o custo do projeto) e os indicadores ambientais (como as gramas de pó suspensos por metro cúbico ou a variedade de espécies animais presentes no território). A primeira operação proposta é portanto a normalização, isto é, a transformação dos elementos da matriz em unidades adimensionais, por exemplo, números compreendidos entre 0 e 100. A normalização é uma transformação linear, efetuada linha por linha. O modo mais apropriado é dividir todos os elementos de uma linha (isto é, os valores que um mesmo indicador assume em correspondência aos diversos projetos alternativos) pelo elemento de valor máximo.

Os números que se obtêm dependem do valor máximo assumido para cada um dos indicadores, em geral, do número e da significância das alternativas consideradas. Em particular é possível variar sensivelmente também os valores dos elementos da matriz normalizada. Por este motivo, no programa VISPA a normalização é uma operação opcional; podendo ser feita de diversos modos, p.ex., introduzindo valores de referência do exterior.

### Conversão de indicadores a objetivos

Uma operação crucial do programa VISPA é a conversão dos indicadores a objetivos. Esta conversão se realiza combinando entre si as duas operações seguintes: aplicação de funções de utilidade e agregação.

#### *Função de utilidade*

No programa indica-se, como função de utilidade relativa a um indicador, a relação que existe entre os valores que o indicador pode assumir e uma medida adimensional (dada por valores compreendidos entre 0 e 1) da "satisfação" (benefício ambiental) correspondente. Como a matriz de avaliação contém os valores dos indicadores em correspondência a cada alternativa de projeto, a aplicação de uma função de utilidade a uma linha da matriz permite obter um conjunto de números compreendidos entre 0 e 1, onde 1 indica a máxima "satisfação" e 0 a máxima "insatisfação" para o comportamento do indicador relativo à linha considerada. A função de utilidade pode ter em geral uma forma qualquer. No programa VISPA, o usuário pode introduzir uma função de utilidade diversa para cada indicador.

#### *Agregação*

Nem sempre, entretanto, se consegue fazer corresponder à cada indicador específico um objetivo à maximizar (isto é, um benefício). Por outro lado, problemas complexos (nos quais uma multiplicidade de interesses e de grupos vêm envolvidos, diretamente ou indiretamente, na decisão) são necessariamente caracterizados de um número consistente de indicadores, tanto que em geral cada setor (poluição atmosférica, poluição da água, serviços sociais, etc. ..) é descrito por mais indicadores. Uma operação possível é agregar parcialmente os indicadores, com o objetivo de se obter um número menor de objetivos que sejam representativos dos vários setores (índices de setor). Por exemplo, no que se refere à poluição atmosférica, pode-se pensar que o SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, pós suspensos, chumbo e assim por diante vão concorrendo à formar um único índice global de qualidade do ar, que engloba a informação relativa ao efeito do conjunto dos indicadores considerados sobre todo o setor. Em geral, o índice do setor resulta em uma função não linear dos indicadores, caracterizada pela presença de efeitos sinérgicos. No programa a agregação pode ser usada também para reduzir o número de linhas da matriz, criando um objetivo agregado de um conjunto de objetivos particulares.

### Ordenação das alternativas com base à soma ponderada

Caso deseje-se chegar a uma ordenação, mesmo que somente parcial, das alternativas decisoriais, é necessário avaliar a importância relativa dos objetivos e então (indiretamente) dos setores e interesses que estes representam. Isto é conseguido através dos seguintes passos:

#### *Alternativa dominante*

O critério de "Pareto" permite eliminar os projetos ineficientes, quando um projeto é "dominante" à qualquer outro projeto: Um projeto A é dominado por um projeto B se para todos os objetivos considerados (compreendidos aqueles expressos de forma qualitativa), este não supera aqueles de B. Uma vez determinadas as alternativas dominadas, o programa permite eliminá-las; sendo que tal operação pode ser opcional.

#### *Atribuição de pesos*

Com o objetivo de obter um ou mais vetores de pesos à serem atribuídos aos objetivos, é necessário uma interação entre quem faz a análise do ponto de vista técnico, os "experts", os grupos sociais envolvidos e o decisor. Nota-se também que com um número baixo de indicadores (inferiores a dez), torna-se difícil exprimir de forma direta um vetor de pesos. É, ao invés disto, mais fácil, para os interessados, fazer uma série de confrontos entre as várias cópias dos objetivos respondendo a perguntas do tipo: Quanto é importante o indicador K em relação ao indicador L? Neste ponto se observa entretanto um problema técnico: é possível achar um vetor de pesos totalmente equivalente ao conjunto dos confrontos a pares se as respostas obtidas são unicamente coerentes do ponto de vista matemático. Em particular, caso indique-se com  $a_{ij}$  a importância do objetivo i em relação ao objetivo j, devem ser verificadas as propriedades de reciprocidade ( $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ) e de consistência ( $a_{ik} = a_{ij} * a_{jk}$ ). Uma vez atribuídos os pesos a cada linha, i.e., a cada objetivo, é fácil calcular para cada alternativa um valor que representa o comportamento total da mesma alternativa: isto permite avaliar todas as alternativas em estudo, ordená-las e eventualmente escolher a melhor. Tudo isto resulta portanto numa forte dependência do vetor dos pesos colocados. No programa VISPA o vetor dos pesos pode ser atribuído pelo usuário tanto diretamente como através do confronto a pares; a ordenação baseada na soma ponderada é então calculada automaticamente.

### *Análise de sensibilidade*

Incerteza e subjetividade são as características peculiares da operação de atribuição do vetor dos pesos, porque este reflete de qualquer forma as preferências do decisor e aquelas de um grupo particular de interesse, tanto que é de pouco senso procurar uma solução "ótima". Pode ser útil, pelo menos para analisar a real dimensão dos conflitos, a individualização de eventuais valores críticos dos pesos.

Supondo constante todos os pesos menos um, determina-se quais são as máximas variações (aumento e diminuição) de tal peso que deixam inalterados a ordem e que então não mudam a escolha final. Por exemplo, se o peso atribuído a alternativa  $j$  fosse inicialmente  $w_j = 0,15$  e o resultado da análise de sensibilidade fosse  $0,06 \leq w_j \leq 0,30$  isto significaria que a ordem das alternativas não mudariam com  $w_j$  compreendido entre os dois valores indicados. Isto mostra quais são os objetivos pelos quais mesmo uma modesta variação do valor atribuído ao peso provoca mudanças na escolha final e quais são os objetivos pelos quais isto não acontece, permitindo concentrar a atenção sobre os primeiros.

### Outros métodos de ordenação e fase de eliminação

Um aspecto controvertido de uma Avaliação de Impacto Ambiental está na lógica que prevê determinar diretamente a alternativa "ótima" entre todas aquelas em estudo. Melhor seria talvez reverter a lógica, não indicando a alternativa melhor, mas eliminando pouco a pouco as piores ou também aquelas que satisfazem pouco. A idéia é, então, ordenar as alternativas segundo diferentes modalidades, que operam com lógicas diversas (por exemplo, aquela baseada na atribuição dos pesos ou aquela baseada na minimização do resto): isto permite individualizar as alternativas de projeto que são pouco significativas (posicionadas entre as últimas segundo todas as possíveis ordenações) e permitindo, então reconsiderar aquelas alternativas as quais os efeitos pudessem estar "mascarando-as".

### *Matrizes de concordância e discordância*

Algumas das ordenações criadas pelo VISPA baseiam-se em cálculos das matrizes de concordância e discordância, os quais elementos genéricos  $c_{hk}$  e  $d_{hk}$  são respectivamente uma medida da "satisfação" na escolha da alternativa  $h$  em relação à alternativa  $k$  e do "sobrecrescimento" que tal escolha implica no sacrifício da alternativa  $k$ .

Para o cálculo do índice de discordância  $d_{hk}$  da alternativa  $h$  em relação à alternativa  $k$ , é necessário isolar os dois objetivos o qual é máximo o produto entre o peso do mesmo objetivo e a diferença entre as prestações das duas alternativas, respectivamente entre os objetivos pelos quais  $k$  é preferível a  $h$  e entre todos os objetivos. O índice de discordância é a relação entre os dois valores assim obtidos. A cada alternativa  $h$  podem ser associados dois índices absolutos, ditos de concordância e de discordância. O primeiro índice  $i(c)$  é uma medida de quanto a alternativa  $h$  prevalece sobre todas as outras: quanto mais alto é o seu valor, a alternativa  $h$  é mais satisfeita. O segundo índice  $i(d)$  é uma medida de sobre-crescimento total caso a decisão final seja de não realizar a alternativa  $h$ , portanto quanto mais baixo é o seu valor,  $h$  é ainda mais satisfeita. É possível assim calcular duas novas ordenações das alternativas, baseados respectivamente sobre o índice absoluto de concordância e sobre aquele de discordância.

### *Dominância fraca*

É possível definir duas faixas, respectivamente de concordância ( $Sc$ ) e de discordância ( $Sd$ ), pelas quais uma alternativa  $k$  é considerada "pior" que uma alternativa  $h$ . Somente serão momentaneamente verificadas as duas condições.  $chk \leq Sc$  e  $d_{hk} \geq Sd$ . Nota-se que se  $Sc = 1$  e  $Sd = 0$  se obtém também o critério de "Pareto"; ao decrescer  $Sc$  e ao crescer  $Sd$  tal critério vem pouco a pouco relaxado, substancialmente se passa de um conceito de dominância absoluta (Pareto) a um conceito de dominância "fraca". É evidente que o resultado depende fortemente dos valores da faixa  $Sc$  e  $Sd$ . Em VISPA o critério de dominância fraca pode ser usado de dois modos. No primeiro, o usuário fixa os valores da faixa  $Sc$  e  $Sd$  e elimina as alternativas que resultam em dominância fraca. No segundo o programa calcula, para cada alternativa  $h$ , o conjunto das faixas de valores de concordância e de discordância em correspondência àqueles pelos quais resultam em dominância fraca em relação a qualquer outra alternativa. É evidente que quanto maior a área do plano  $Sc$ - $Sd$  na qual a alternativa  $h$  resulta em dominância fraca, menos a alternativa satisfaz.

Princípio do cálculo de DF (exemplo do capítulo 3)

$$IC = c_{hk} = c(h, k) = (w^+) / (w^+ + w^- + w^0)$$

$$c \geq Sc = 0,8$$

Exercício - cálculo do IC.

Alt h/k	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-9	ALT-10	ALT-11	ALT-12	ALT-20	ALT-21
ALT-5	-	0,400	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	0,400	0,200	0,200
ALT-6	0,600	-	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	0,600
ALT-8	0,200	0,200	-	0,400	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200
ALT-9	0,200	0,200	0,600	-	0,400	0,200	0,400	0,200	0,200
ALT-10	<b>0,800</b>	0,200	0,600	0,600	-	<b>0,800</b>	0,400	0,200	0,200
ALT-11	0,200	0,200	0,600	<b>0,800</b>	0,200	-	0,200	0,200	0,200
ALT-12	0,600	<b>0,800</b>	0,600	0,600	0,600	<b>0,800</b>	-	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>
ALT-20	<b>0,800</b>	-	0,600						
ALT-21	<b>0,800</b>	0,400	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	<b>0,800</b>	0,200	0,400	-

$$ID = d_{hk} = d(h, k) = (\text{máximo intervalo pelo qual } h < k) / (\text{faixa total da escala})$$

$$d \leq Sd = 0,4$$

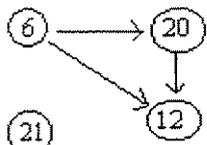
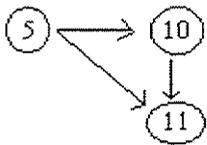
Exercício - cálculo do ID.

Alt h/k	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-9	ALT-10	ALT-11	ALT-12	ALT-20	ALT-21
ALT-5	-	<b>0,095</b>	1,000	0,577	<b>0,307</b>	<b>0,348</b>	<b>0,036</b>	<b>0,085</b>	<b>0,273</b>
ALT-6	1,000	-	1,000	1,000	0,793	0,583	<b>0,288</b>	<b>0,400</b>	1,000
ALT-8	<b>0,400</b>	<b>0,275</b>	-	<b>0,029</b>	<b>0,110</b>	<b>0,028</b>	<b>0,109</b>	<b>0,279</b>	<b>0,368</b>
ALT-9	1,000	0,708	1,000	-	<b>0,167</b>	<b>0,256</b>	<b>0,167</b>	0,688	0,968
ALT-10	1,000	1,000	1,000	1,000	-	<b>0,387</b>	<b>0,108</b>	1,000	1,000
ALT-11	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,945	1,000	1,000
ALT-12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000
ALT-20	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831	0,604	<b>0,327</b>	-	1,000
ALT-21	1,000	<b>0,100</b>	1,000	1,000	0,619	0,505	<b>0,190</b>	<b>0,071</b>	-

Kernel

(5, 10) (5, 11) (10, 11)

(6, 12) (6, 20) (20, 12)



6 (5) domina fracamente 20 e 12 (10 e 11)

10, 11, 12 e 20 são dominadas por algum elemento em algum sub-conjunto

8, 9, 11, 12 e 21 não dominam fracamente nenhuma outra



Cálculo Automático - Gráfico R2

IC

Alt h/k	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-9	ALT-10	ALT-11	ALT-12	ALT-20	ALT-21
ALT-5	-	0,400	0,800	0,800	0,800	0,800	0,400	0,200	0,200
ALT-6	0,600	-	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,600
ALT-8	0,200	0,200	-	0,400	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200
ALT-9	0,200	0,200	0,600	-	0,400	0,200	0,400	0,200	0,200
ALT-10	0,800	0,200	0,600	0,600	-	0,800	0,400	0,200	0,200
ALT-11	0,200	0,200	0,600	0,800	0,200	-	0,200	0,200	0,200
ALT-12	0,600	0,800	0,600	0,600	0,600	0,800	-	0,800	0,800
ALT-20	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	-	0,600
ALT-21	0,800	0,400	0,800	0,800	0,800	0,800	0,200	0,400	-

$c \geq S_c = 0,6$  e  $0,8$  (0,2...)

ID

Alt h/k	ALT-5	ALT-6	ALT-8	ALT-9	ALT-10	ALT-11	ALT-12	ALT-20	ALT-21
ALT-5	-	0,095	1,000	0,577	0,307	0,348	0,036	0,085	0,273
ALT-6	1,000	-	1,000	1,000	0,793	0,583	0,288	0,400	1,000
ALT-8	0,400	0,275	-	0,029	0,110	0,028	0,109	0,279	0,368
ALT-9	1,000	0,708	1,000	-	0,167	0,256	0,167	0,688	0,968
ALT-10	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,387	0,108	1,000	1,000
ALT-11	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,945	1,000	1,000
ALT-12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000
ALT-20	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831	0,604	0,327	-	1,000
ALT-21	1,000	0,100	1,000	1,000	0,619	0,505	0,190	0,071	-

$d \leq S_d = 1$  (área máxima, quase Pareto)

### *Ordenação*

Além das ordenações já vistas, o programa VISPA pode criar uma ordenação baseada na soma ponderada parcial: sobre indicação do usuário, seleciona-se um subconjunto dos objetivos, em relação ao qual o programa calcula, para cada alternativa, a soma ponderada e apresenta a correspondente ordenação. O programa também apresenta duas ulteriores ordenações, baseadas na lógica do Max - Min (ocupam as posições mais altas as alternativas que realizam o "melhor" caso pior em absoluto e o "melhor" caso pior ponderado).

### *Eliminação*

Sobre a base das informações encontradas durante as diversas fases do VISPA, o usuário pode eliminar as alternativas que são insatisfatórias para dar maior atenção às alternativas mais significativas (eventualmente repetindo com as oportunas variações os passos precedentes).

*Fonte: (Colorni et al., 1988).*

## Apêndice C

### GAIA - Guia de Avaliação de Impacto Ambiental

#### Os instrumentos básicos para a análise

Na fase de análise de uma Avaliação de Impacto Ambiental devemos geralmente estudar e representar seqüências de relações causa-condição-efeito. Por exemplo a concentração de poluição atmosférica no solo (efeito) é o resultado de uma ou mais emissões (causas) em certas condições atmosféricas (condições). Com este objetivo propõe-se um uso integrado de três *instrumentos básicos: listas de controle, gráficos e matrizes.*

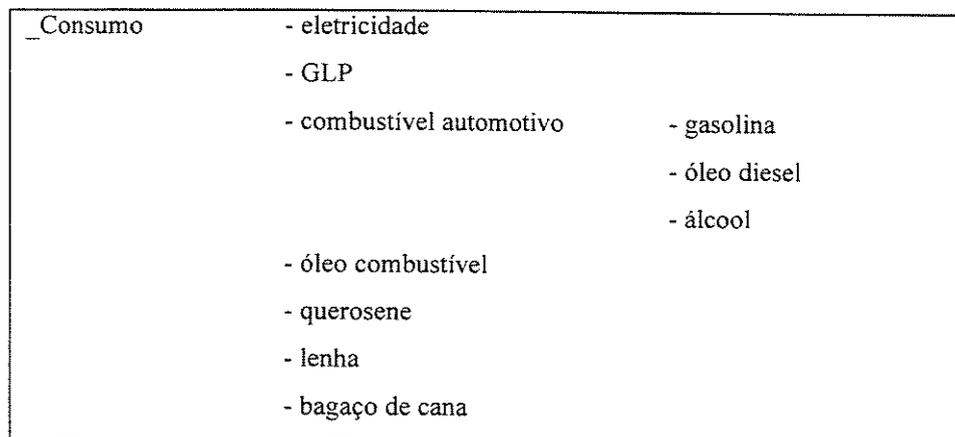
#### *Listas de controle*

As *listas de controle* são normalmente usadas para a definição em termos operacionais dos elementos que caracterizam o projeto ou o ambiente, como por exemplo: Produção, Importação, Poluição, Exportação, Consumo... Cada um destes elementos serão compostos por diversos níveis de aprofundamento ou *fases*, que são interativas, como por exemplo: de base, de análise, de codificação, de agregação (colunas ou linhas)... Com o objetivo de se ter uma análise facilmente reformulável, criam-se essas *listas* fazendo uma série de desagregações: para descrever uma alternativa de projeto definem-se as diversas fases temporais e, para cada uma dessas, as diversas atividades elementares; para descrever um ambiente definem-se os diversos componentes e subcomponentes (se por exemplo um dos componentes é "atmosfera", esta pode ser subdividida em "meteorologia" e "qualidade", a "qualidade" em "micro" e "macropoluidores" e assim por diante).

## Gráficos

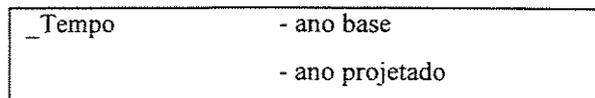
As listas de controle são representadas através de um tipo particular de *gráfico*, as "árvores", constituídas de nós e arcos: chama-se de raiz o nó inicial (o único que não tem antecessores) e folhas os nós terminais (que não possuem sucessores); para descrever as relações existentes entre os nós de uma árvore, usa-se uma terminologia de derivação genealógica definindo uma relação de parentesco: com referência a um nó, chama-se pai o nó (sempre único) do qual tem origem, irmãos os nós que possuem o mesmo pai, filhos os nós que possuem origem no mesmo nó. Uma árvore que representa uma lista pode ser sucessivamente enriquecida de outros nós para descrever um articulação temporal ou espacial e/ou para indicar a possibilidade de existência de situações particulares, como por exemplo as condições atmosféricas ou cenários alternativos.

Uma árvore de linha, poderia ser



Onde: *Consumo* é a raiz (ou nó inicial) e ao mesmo tempo pai dos nós *eletricidade*, *GLP*, *combustível automotivo*, *óleo combustível* e etc., (que são irmãos entre si) e, *gasolina*, *óleo diesel* e *álcool* que são nós filhos do *combustível automotivo* e ao mesmo tempo nós folhas já que não possuem sucessores.

Uma árvore de coluna, poderia ser:



## Matrizes

O uso das *matrizes* permite, então representar as relações causa/efeito cruzando entre elas os nós de duas árvores: uma árvore de coluna (nós indicando as "causas") e uma árvore de linhas (nós indicando os "efeitos"), criando assim uma "célula". Cada "célula" de uma matriz representa portanto, um nó causa em relação a um nó efeito e pode conter duas informações: uma sintética, constituída de um número ou de um símbolo, que representa a estimativa (qualitativa ou quantitativa) do efeito do nó de coluna sobre o nó de linha; e outra mais descritiva, constituída de uma ou mais "páginas" de documentação de como a estimativa foi conseguida e seu significado.

As árvores completam as listas de controle por considerar as diversas contestações e condições e ainda tornar possível descrever através do instrumento matriz as relações causa/condições/efeito típicas das análises de impacto ambiental. Por exemplo o nó causa "emissão de SO<sub>2</sub>" poderia ser desagregado de modo a dar lugar a mais filhos (com vento do sul, com vento do norte, etc...); do mesmo modo, para o nó efeito "concentração de SO<sub>2</sub> no solo", poder-se-ia ter uma desagregação do tipo geográfico (no quarteirão A, no quarteirão B, etc. ..). Deste modo a matriz poderia conter a estimativa da concentração no solo em particulares quarteirões para cada uma das condições atmosféricas analisadas, assim como poderia se ter uma matriz mais agregada tipo "emissão de SO<sub>2</sub>" em todos os quarteirões (A+B+...) consentindo se trabalhar sobre uma mesma matriz em níveis de profundidade diversos. Por exemplo, a matriz da árvore de linha Importação e árvore de colunas das diferenças Temporais poderia ser assim:

		ano base	ano projetado
Importação	- eletricidade	32170	? <sup>1</sup>
	- derivados de petróleo		
	- outros		
		- bagaço de cana	
		- lenha	

<sup>1</sup>Desejando-se confrontar diversos planejamentos energéticos, analisa-se diversas alternativas, como por exemplo: ALT0 que é a não modificação da estrutura atual da região, ou seja, continua-se com a produção de energia elétrica atual e importa-se o restante; ALT1 no qual pretende-se construir novas hidro e termoeletricas; ALT2 na qual produz-se energia elétrica por fontes renováveis e etc.

## Operações sobre árvores e matrizes

As principais *operações que se podem efetuar sobre uma cópia de árvores e sobre sua matriz relativa* são:

### *Modificação e documentação*

É possível adicionar, exportar, cancelar nós específicos ou toda uma sub-árvore; é possível memorizar árvores e sub-árvores de modo a poder rechamá-las quando necessário.

### *Definições de linhas e colunas das matrizes em estudo*

É possível "ativar" ou "desativar" tanto os nós específicos quanto as sub-árvores sendo visualizadas somente as células da matriz relativa aos pares de nós ativados; os nós desativados serão ignorados, mas as informações contidas nas células não visualizadas são mantidas na memória e ficam disponíveis à qualquer momento.

### *Inserção, modificação e documentação das estimativas*

As células das matrizes podem conter tanto símbolos ou vocabulários (estimativas qualitativas) quanto números (estimativas quantitativas). São possíveis inserções, modificações ou cancelamentos do conteúdo das células a qualquer momento. É possível também associar a cada célula que contém uma estimativa, uma ou mais páginas de documentação.

### *Conversão de estimativas qualitativas em valores numéricos*

A conversão da estimativa qualitativa a números é conseguida através da definição de uma ou mais "codificações". Uma codificação é uma tabela de conversão (de símbolos ou vocabulários a números), que pode ser criada atuando em uma ou mais linhas da matriz.

A conversão acontece aplicando a cada uma das linhas da matriz a codificação que lhe foi designada; a conversão é reversível, ou seja, é sempre possível voltar dos números aos símbolos ou vocabulários de partida. As codificações e as designações podem ser criadas, modificadas, canceladas, documentadas e memorizadas de modo a rechamá-las mais vezes.

Pode-se, por exemplo, criar uma codificação de nome POLU (para a qualidade das águas superficiais dos rios da região) com os seguintes dados:

pouco            0,0  
 bastante        0,5  
 muitíssimo     1,0

e usá-la para converter os vocabulários em valores numéricos na Matriz do Elemento Constituinte Poluição (atuando nas linhas das águas superficiais dos diversos rios da região).

		ano base	
Poluição	- SO <sub>2</sub>	- média anual	
		- primeira máxima diária	
	- fumaça	- média anual	
		- primeira máxima diária	
	- águas superficiais	- Piracicaba	pouco
		- Alto Corumbataí	muitíssimo
		- Baixo Corumbataí	bastante
		- Alto Camanducaia	muitíssimo
		- Baixo Camanducaia	bastante
		- Jaguari	muitíssimo
		- Atibaia	bastante
		- Alto Capivari	pouco
- Baixo Capivari	pouco		

## *Agregação*

Muitas vezes as estimativas que se obtém através do uso de modelos de previsão (qualitativos ou quantitativos) e que se incluem diretamente em uma matriz são desagregadas. Considera-se por exemplo uma sub-matriz da qual colunas e linhas são respectivamente as ações específicas das fases de construção de uma obra (causa) e os indicadores ambientais (efeitos): as células da matriz contém neste caso as estimativas dos efeitos das ações específicas sobre cada um dos indicadores ambientais. Se deseja-se estimar o efeito total das ações da fase de construção sobre cada um dos indicadores ambientais, é necessário efetuar uma agregação, isto é, substituir as colunas relativas às ações específicas por uma única coluna representativa de toda a fase de construção. As células desta coluna devem conter, linha por linha, uma estimativa agregada que pode ser obtida das estimativas particulares através da aplicação de uma regra particular de agregação (mínimo, soma, média, média ponderada, etc. ..). É possível relacionar um grupo de regras de agregação às linha (caso efetue-se uma agregação de colunas, como no exemplo citado) ou às colunas (caso efetue-se uma agregação por linha), modificá-las, memorizá-las de modo a poder reaplicar quando necessário.

Por exemplo, na linha outros da lista de controle Produção, pode-se agregar a lenha e o bagaço de cana pelo modo padrão soma, e assim pode-se fazer para todas as listas caso não se queira trabalhar com suas produções, consumo, importação... desagregadamente.

## A arquitetura de GAIA

A *arquitetura (estruturação)* é organizada por projeto: cada projeto é formado de uma ou mais alternativas, que por sua vez podem ser formadas da combinação de um certo número de elementos constituintes.

### *Alternativas de projeto*

A presença de mais *alternativas* de escolha torna significativo o processo de decisão. As alternativas são no mínimo duas (por exemplo, realizar ou não realizar uma obra); em geral, podem existir alternativas estratégicas (são alternativas radicais, por exemplo estrada ou ferrovia, que se encontram no início de um processo de decisão), alternativas de localização, de tecnologia, de dimensionamento (que se encontram pouco a pouco no curso do projeto); variação ou medidas de mitigação (na última fase do processo de decisão, aquela relativa ao projeto executivo).

### *Elementos de escolha*

Um *elemento constituinte* é definido como um componente de uma ou mais alternativas de projeto, que pode ser estudada, ao menos em parte, de modo autônomo. Um típico exemplo de elementos constituintes são os trechos nos quais podem ser segmentados um percurso de auto-estrada ou ferroviário; alguns dos impactos (aqueles que não dependem do total da obra, mas do atravessamento ou não de uma porção particular de território, podem ser estudados separadamente); se depois um trecho é comum a mais alternativas de percurso, os impactos estimados para aquele trecho tornam-se parte integrante de todas as alternativas interessadas. Todavia um elemento constituinte não é necessariamente um componente "físico" de uma alternativa: podem-se isolar, por exemplo, o total de ações da fase de construção daqueles da fase de exercício, ou também o total dos indicadores ambientais daqueles territoriais e sócio-econômicos. Neste caso a utilidade está em decompor uma análise de grande dimensão em partes mais homogêneas e mais fáceis de se tratar.

### *Seqüência de matrizes*

Uma alternativa ou um elemento constituinte pode ser representado através de uma *seqüência de matrizes*, que documentam, fase por fase, o percurso lógico seguido durante as análises. Uma seqüência de matrizes pode descrever p.e. uma seqüência de relações causa/efeito: neste caso uma mesma árvore pode ser de coluna (causa) ou de linha (efeito) em matrizes sucessivas. Uma seqüência possível de relações causa/efeito é aquela definida, por exemplo, dos seguintes pares de árvores: atividade de projeto (causa) por perturbação do ambiente (efeito); perturbação do ambiente por índices ambientais; índices ambientais por índices ambientais (para tomar conhecimento de eventuais efeitos indiretos); índices ambientais por atividades humanas influenciadas. Considerando-se qualquer um dos pares de árvores citados: pode-se isolar um conjunto de relações causa/efeito, sobre o qual é possível fazer-se uma série de operações (enriquecimento das árvores, seleção dos nós, colocação de estimativas, conversão, agregação...). Os resultados das operações que vêm sendo feitos pouco a pouco podem ser por sua vez memorizados em uma seqüência de matrizes sucessivas, das quais as linhas e colunas têm sempre o mesmo significado. Cada matriz representa desta vez uma fase particular de elaboração do mesmo conjunto de relações causa/efeito.

### *Geração das alternativas*

É possível, à qualquer momento, *gerar uma matriz* representativa de uma alternativa à partir das matrizes representativas dos elementos de escolha específicos. Com este objetivo confrontam-se as árvores das matrizes particulares e compõem-se de forma automática a matriz resultante, ligando a cada elemento de escolha a posição que a ele compete no quadro geral: se mais elementos de escolha têm a mesma árvore de linha, as matrizes que as representam vêm colocadas lado a lado; se mais elementos de escolha têm a mesma árvore de colunas, as matrizes que as representam vêm colocadas em colunas. Deste modo a matriz resultante tem como árvore de linha e de coluna respectivamente a reunião de todas as árvores de linha e de coluna presentes em pelo menos um dos elementos de escolha. As estimativas contidas nas células das matrizes particulares vêm enfim transferidas nas células correspondentes das matrizes resultantes.

Geralmente escolhem-se as últimas fases de cada elemento constituinte gerado, pois estas já devem estar com os símbolos convertidos em números, agregadas etc. Juntando estes elementos formam-se as alternativas que podem ser diferentes caso tenha-se por exemplo uma alternativa de produzir energia por termelétricas ou por fontes renováveis, ou por diversos planos de mitigação (p. ex. proteger o meio ambiente visando a menor poluição do ar = MITIG1, ou visando a despoluição dos rios = MITIG2).

### *Matrizes de avaliação*

Ao final da análise de uma alternativa se atinge, graças a um conjunto de agregações, a construção de um vetor final, isto é, uma única coluna representativa da alternativa toda. A árvore de coluna tem neste caso um só nó: se por exemplo, os nós da árvore de linha são indicadores ambientais, as células contém uma estimativa do efeito da alternativa toda sobre este. Com o objetivo de confrontar as alternativas, é possível construir então de modo automático uma "matriz de avaliação", que tem uma coluna em correspondência a cada um dos vetores finais que vêm inseridos, e tem como linhas o conjunto de todos os nós selecionados em pelo menos um dos vetores finais. A construção da matriz de avaliação cria um problema: em geral as linhas sobre as quais as diversas alternativas têm efeito não são necessariamente coincidentes. Por exemplo, alternativas de localização implicam na existência de alguns efeitos em áreas territorialmente distintas; alternativas tecnológicas podem ter efeitos sobre indicadores ambientais diversos. Por isto um certo número de células da matriz de avaliação são vazias enquanto a alternativa em coluna não tem efeito sobre o indicador em linha: o conteúdo das células vazias deveriam ser a estimativa do andamento do indicador em linha sem qualquer intervenção sobre ele. É este o significado da "alternativa zero", que deve estar sempre presente na matriz de avaliação e seus "efeitos" devem ser estimados em relação à todas as linhas da matriz. Se a coluna relativa à alternativa zero está cheia, o programa transfere automaticamente, linha por linha, às células vazias da matriz de avaliação a mesma estimativa contida na célula correspondente à alternativa zero.

As matrizes de avaliação, ou seja, os vetores finais de cada alternativa, criadas através do software GAIA podem ser usadas como dados de entrada no software VISPA (Valutazione Integrata e Scelta tra Progetti Alternative) que também foi desenvolvido pelo Politécnico de Milão na Itália e tem como objetivo organizar a fase de avaliação e ajudar a escolha entre as diversas alternativas de planejamento energético/ambiental por nós propostas.

*Fonte: (Colorni et al., 1991).*

## Apêndice D

### Fator de emissão do IPCC

O *Software* GGIS - *Greenhouse Gas Inventory Software* foi desenvolvido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) em colaboração com a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) e com a *International Energy Agency* (IEA) para ser utilizado com os objetivos de desenvolver uma metodologia comum em nível mundial para o cálculo e a apresentação dos dados de emissões nacionais de gases estufa; de encorajar o uso desta metodologia tanto pelos países participantes do IPCC quanto pelos aproximadamente 150 países que assinaram o acordo UNFCCC durante a ECO 92; e estabelecer procedimentos e um sistema de gerenciamento para coleta, revisão e apresentação dos dados em nível nacional.

O *Software* GGIS estima emissões de seis (6) tipos de gases estufa, três diretos (dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, metano - CH<sub>4</sub> e óxido nitroso - N<sub>2</sub>O) e três indiretos (monóxido de carbono - CO, óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub> e componentes orgânicos voláteis não-metanos - NMVOCs). O GGIS possui uma estrutura bastante desagregada, contabilizando, por exemplo, consumos e emissões setoriais segundo usos finais (caldeiras, aquecimento, etc.), através de fatores de conversão apropriados de unidades de energia (Joules) para toneladas de Carbono Equivalente (ou Carbono Molecular) de CO<sub>2</sub><sup>1</sup>. O GGIS é utilizado para criar um relatório final das Emissões de Dióxido de Carbono por tipo de combustível e por setor econômico, utilizando-se os fatores de conversão apresentados na Tabela d.1.

---

<sup>1</sup> Alguns dados numéricos aqui apresentados estão em unidades de dióxido de carbono na base molecular (tCO<sub>2</sub>), portanto alguns dados da bibliografia que estavam na base de carbono equivalente (tC) foram multiplicados por 3,67 que é o fator usado pelo GGIS/IPCC.

Tabela d.1 - COMBUSTÍVEL - FATOR EMISSÃO IPCC

(tC/TJ) e Oxidação (%)

Fóssil Líquido	Combustíveis	Petróleo	18,9	0,990
	Primários			
	Combustíveis	Gasolina	18,9	0,990
	Secundários	Querosene (Avião)	19,5	0,990
		Querosene Iluminação	19,6	0,990
		Óleo Diesel	20,2	0,990
		Óleo Combustível	21,1	0,990
		GLP	17,2	0,990
		Nafta	20,0	0,990
		Lixívia	27,5	0,990
		Outros Secundários Pet.	20,0	0,990
Fós. Sólido	Comb. Primários	Carvão Vapor	26,8	0,980
		Carvão Metalúrgico	25,8	0,980
	Combustíveis Secundários	Coque de Carvão Mineral (Alcatrão)	27,5	0,990
Fóssil	Gasoso	Gás Natural	17,2	0,995
		Gás Canalizado	15,3	0,995
		Gás de Coqueira	17,2	0,995
		Gás de Refinaria (Gás)	17,2	0,995
Biomassa	Sólida Primárias	Lenha	29,9	0,995
		Outras Primárias	29,9	0,995
		Bagaço da Cana de Açúcar	29,9	0,995
	Secundárias	Carvão Vegetal	29,9	0,995
	Líquida Secundárias	Alcool Anidro	20,0	0,995
		Alcool Hidratado	20,0	0,995
	Primárias	Caldo de Cana	20,0	0,995
		Melaço	20,0	0,995

Fonte: (IPCC, 1995b).

Como na maioria dos inventários já feitos, neste trabalho não se levou em conta o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis não-metanos (UNEP, 1995), assim como não foram contabilizadas as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, limitando-se apenas ao CO<sub>2</sub> proveniente do combustível fóssil, conforme é atualmente feito na maioria dos trabalhos do "US Country Studies Program" (US, 1995).

O primeiro passo é identificar as possíveis fontes e atividades de base que existem no nosso País (ou na região de estudo). Segundo, necessita-se estabelecer prioridades para o trabalho de inventário baseado em algumas considerações, por isto propõe-se que se estude apenas o dióxido de carbono emitido pela queima dos combustíveis fósseis, limitando-se apenas a um inventário de emissões regional, tentando avaliar o quanto as fontes renováveis e as fósseis contribuem nos impactos regionais, mesmo sabendo que o Brasil emite aproximadamente três vezes mais dióxido de carbono pelas queimadas e desmatamentos na Amazônia que por consumo energético, como mostrado na Tabela d.2 (ROVERE, 1996).

Tabela d.2 - Emissões no Brasil em 1990.

	Mega Toneladas de CO <sub>2</sub>	Porcentagem do Mundo
Queimadas e Desmatamento na Amazônia	697 - 990	2,7 - 3,8
Combustíveis Fósseis	269	1

Fonte: (REIS, 1992; ROSA et al., 1995a).

Também propõe-se que não se trate profundamente de discussões do tipo equidade entre os países do Hemisfério Norte e do Sul (GRUBB, 1996), mas sim, analise-se comparativamente índices do tipo emissão per capita, CO<sub>2</sub>/hab. (ROSA, 1996).

O GGIS é um *software* bastante detalhado, mas propõe-se que seu uso restrinja-se apenas à obtenção de algumas entradas de consumo por tipo de combustível que automaticamente é multiplicado pelos fatores de conversão apresentados na tabela anterior, criando assim um relatório final das Emissões de Dióxido de Carbono por tipo de combustível e por setor econômico.

Seria interessante ressaltar que o Uso do Solo é uma importante componente do *Budget* de Carbono Global, e o Brasil é o país que mais estoca carbono nas suas terras, sendo cinco vezes maior que o segundo país que é o Zaire (MARTINELLI et al., 1996). Assim como são importantes os outros tipos de gases aqui não tratados, como se pode verificar pelas diferentes dimensões entre eles através do índice de permanência na atmosfera (GWP), mostrado na Tabela d.3, que foi proposto em 1990 (LASHOF et al., 1990) sendo adotado e desenvolvido pelo IPCC para quantificar e comparar os efeitos dos diversos gases estufa (ROSA et al., 1995b).

*Tabela d.3 - Método GWP.*

Gás	Fator GWP
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	11
N <sub>2</sub> O	270
NO <sub>x</sub>	
CO	
NM VOC	
CFC+HCFC	6089

*Fonte: (US, 1995)*

## Apêndice E

### Dados da RBPC

*Tabela e.1 - Relação de rios, ribeirões e córregos que constituem a RBPC.*

1- Bacia do Rio Piracicaba

1- Rio Piracicaba

1.1- Rib. Samambaia

1.2- Rib. Araguá

1.3- Rib. Congonhal

1.4- Rib. dos Marins

1.5- Rib. Guamium

1.6- Rio Corumbataí

1.6.1- Rio Passa Cinco

1.6.1.1- Rio da Cabeça

1.7- Rib. Campestre

1.8- Rib. da Cachoeira

1.9- Rib. da Graminha

1.10- Rib. Tijuco

1.11- Rib. Alambari

1.12- Rib. dos Toledos

1.12.1- Rib. São Luiz

1.13- Rib. do Tatu

1.14- Rib. do Quilombo

1.15- Rio Jaguari

- 1.15.1- Rib. Pirapitingui
  - 1.15.1.1- Cór. Jequitibá
- 1.15.2- Rio Camanducaia
  - 1.15.2.1- Rib. do Pinhal
- 1.15.3- Rib. do Pântano
- 1.15.4- Rib. das Araras
- 1.15.5- Rib. Tabajara
  - 1.15.5.1- Rib. dos Pires

1.16- Rio Atibaia

- 1.16.1- Rib. Fazenda Velha
- 1.16.2- Rio Cachoeira
- 1.16.3- Rib. das Anhumas
- 1.16.4- Rib. das Cobras
- 1.16.5- Rib. das Pedras
- 1.16.6- Rib. do Onofre
- 1.16.7- Rib. do Pinhal
- 1.16.8- Rib. Maracanã

1.17- Rib. da Prata

- 1.17.1- Rib. Turvo

1.18- Rib. Claro

1.19- Rib. Taboranas

2- Bacia do Rio Capivari

2- Rio Capivari

- 2.1- Cór. Mumbuca
- 2.2- Rib. Água Choca
- 2.3- Rib. Capivari-Mirim

Fonte: (JANNUZZI et alii, 1996).

Tabela e.2 - CENSO 1991/1996 - População por município da RBPC e da RAC

RG e Municípios	1991	1996
<b>RBPC/RAC</b>		
<i>RG de Brag. Paulista</i>	380.114	414.826
<b><i>rbpc</i></b>	<b>311.843</b>	<b>343.197</b>
Aguas de Lindóia	11.951	13.524
<b>Amparo</b>	50.472	55.239
<b>Atibaia</b>	85.691	93.186
<b>Bom Jesus dos Perdões</b>	9.782	10.915
<b>Bragança Paulista</b>	108.204	109.863
<b>Joanópolis</b>	8.180	9.252
Lindóia	4.107	4.883
<b>Monte Alegre do Sul</b>	5.422	6.233
<b>Nazaré Paulista</b>	11.592	11.946
<b>Pedra Bela</b>	5.138	5.145
<b>Pinhalzinho</b>	8.362	10.036
<b>Piracaia</b>	19.000	20.663
Serra Negra	21.590	22.296
Socorro	30.623	30.926
<b>Tuiuti</b>		4.606
<b>Vargem</b>		6.113
<i>RG de Campinas</i>	2.019.329	2.264.197
<b><i>rbpc</i></b>	<b>1.691.628</b>	<b>1.891.484</b>
<b>Americana</b>	153.273	167.901
<b>Artur Nogueira</b>	27.811	25.911
<b>Campinas</b>	843.516	907.996
<b>Cosmópolis</b>	36.421	39.817
Indaiatuba	99.949	122.159
Itapira	56.381	60.626
<b>Jaguariúna</b>	24.819	25.410
Moji-Guaçu	106.848	114.555
Moji-Mirim	64.523	75.373
<b>Monte Mor</b>	25.291	30.892
<b>Nova Odessa</b>	33.876	37.420
<b>Paulínia</b>	36.298	44.440
<b>Pedreira</b>	27.653	31.892
<b>Sta. Bárbara Oeste</b>	143.945	161.020
<b>Sto. Antônio Posse</b>	14.272	14.924
<b>Sumaré</b>	223.553	167.751
<b>Valinhos</b>	67.545	75.868
<b>Vinhedo</b>	33.355	38.606

<b>Holambra (*)</b>		6.751
<b>Hortolândia (*)</b>		114.885
<i>RG de Jundiá</i>	534.129	579.047
<b><i>rbpc</i></b>	<b>96.352</b>	<b>111.298</b>
Cabreúva	18.631	23.531
Campo Limpo Paulista	44.924	52.299
<b>Itatiba</b>	61.236	71.297
Itupeva	17.921	20.589
<b>Jarinu</b>	10.802	12.363
Jundiá	288.228	293.237
<b>Louveira</b>	16.140	18.021
<b>Morungaba</b>	8.174	9.617
Várzea Paulista	68.073	78.093
<i>RG de Limeira</i>	465.002	521.734
<b><i>rbpc</i></b>	<b>231.609</b>	<b>259.645</b>
Araras	86.983	95.943
Conchal	19.137	22.603
<b>Cordeirópolis</b>	13.267	15.339
<b>Iracemópolis</b>	11.886	14.014
Leme	67.803	77.751
<b>Limeira</b>	206.456	230.292
Pirassununga	56.547	62.636
Sta. Cruz da Conceição	2.923	3.156
<i>RG de Piracicaba</i>	314.794	431.482
<b><i>rbpc</i></b>	<b>314.794</b>	<b>431.482</b>
<b>Águas de São Pedro</b>	1.684	1.715
<b>Capivari</b>	34.026	35.358
<b>Charqueada</b>	10.712	12.579
<b>Elias Fausto</b>	11.570	12.499
<b>Mombuca</b>	2.598	2.834
<b>Piracicaba</b>	202.492	302.605
<b>Rafard</b>	8.553	8.785
<b>Rio das Pedras</b>	18.978	22.248
<b>Sta. Maria da Serra</b>	4.262	4.486
<b>São Pedro</b>	19.919	23.443
<b>Saltinho (*)</b>		4.930
<i>RG de Rio Claro</i>	188.024	213.205
<b><i>rbpc</i></b>	<b>166.188</b>	<b>187.946</b>
<b>Analândia</b>	3.008	3.440
Brotas	14.344	17.075
<b>Corumbataí</b>	3.148	3.516

<b>Ipeúna</b>	2.685	3.346
<b>Itirapina</b>	9.862	11.013
<b>Rio Claro</b>	137.041	153.025
<b>Sta. Gertrudes</b>	10.444	13.606
Torrinha	7.492	8.184
<i>RG S J da Boa Vista</i>	<i>401.054</i>	<i>427.681</i>
<b>rbpc</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Aguaí	23.202	26.347
Águas da Prata	6.678	8.302
Caconde	17.248	17.479
Casa Branca	25.226	24.812
Divinolândia	11.827	11.500
Esp. Sto. do Pinhal	37.109	38.104
Itobi	6.768	6.804
Mococa	58.237	63.690
Sta. Cruz das Palmeiras	21.672	23.965
Sto. Antônio do Jardim	5.685	6.065
S. João da Boa Vista	68.884	73.674
S. José do Rio Pardo	44.438	47.533
S. Sebastião da Gramma	11.794	11.464
Tambaú	19.782	21.190
Tapiratiba	11.756	12.683
Vargem Grande do Sul	30.748	34.069
RAC	4.302.446	4.852.172
<b>RBPC</b>	2.812.414	3.225.052
<b>RBPC/RAC (%)</b>	<b>65,37%</b>	<b>66,47%</b>

Fonte: (Januzzi et alii, 1996; FOLHA DE SÃO PAULO, 1997a).

Tabela e.3 - População e empregos formais em 1995 por município da RBPC.

RG e Municípios	População	Total de Empregos	%
01-Amparo	53060	17704	33,37%
02-Atibaia	97220	15729	16,18%
03-Bom Jesus dos Perdões	10961	1640	14,96%
04-Bragança Paulista	107520	22027	20,49%
05-Joanópolis	8231	4345	52,79%
06-Monte Alegre do Sul	5553	1233	22,20%
07-Nazaré Paulista	12766	2122	16,62%
08-Pedra Bela	5209	199	<b>3,82%</b>
09-Pinhalzinho	9106	462	<b>5,07%</b>
10-Piracaia	20887	3280	15,70%
11-Tuiuti	4314	2	<b>0,05%</b>
12-Vargem	5271	16	<b>0,30%</b>
<b>Total RG de Brag. Paulista</b>	<b>340098</b>	<b>68759</b>	<b>20,22%</b>
13-Americana	162760	56895	34,96%
14-Arthur Nogueira	23257	6214	26,72%
15-Campinas	897557	263952	29,41%
16-Cosmópolis	41565	8653	20,82%
17-Holambra	6483	1064	16,41%
51-Hortolândia	114112	?	?
18-Jaguariúna	26331	13914	52,84%
19-Monte Mor	30896	3394	10,99%
20-Nova Odessa	39092	10175	26,03%
21-Paulínia	44026	17092	38,82%
22-Pedreira	29856	7783	26,07%
23-Sta. Bárbara Oeste	177997	25962	14,59%
24-Sto. Antônio Posse	15337	1591	10,37%
25-Sumaré	182136	27318	15,00%
26-Valinhos	74707	21916	29,34%
27-Vinhedo	38313	12313	32,14%
<b>Total RG de Campinas</b>	<b>1904425</b>	<b>478236</b>	<b>25,11%</b>
28-Itatiba	69142	17998	26,03%
29-Jarinu	13083	1459	11,15%
30-Louveira	18694	3996	21,38%
52-Morungaba	8764	19654	224,26%
<b>Total RG de Jundiaí</b>	<b>109683</b>	<b>43107</b>	<b>39,30%</b>
31-Cordeirópolis	14840	4374	29,47%
32-Iracemápolis	13289	4993	37,57%
33-Limeira	227025	52224	23,00%
<b>Total RG de Limeira</b>	<b>255154</b>	<b>61591</b>	<b>24,14%</b>
34-Águas de São Pedro	1935	671	34,68%

35-Capivari	37404	9594	25,65%
36-Charqueada	11341	1559	13,75%
37-Elias Fausto	12942	2758	21,31%
38-Mombuca	2565	407	15,87%
39-Piracicaba	299941	70947	23,65%
40-Rafard	9451	2700	28,57%
41-Rio das Pedras	21035	5942	28,25%
42-Saltinho	5113	10	<b>0,20%</b>
43-Sta. Maria da Serra	4856	256	<b>5,27%</b>
44-São Pedro	22809	2656	11,64%
<b>Total RG de Piracicaba</b>	<b>429392</b>	<b>97500</b>	<b>22,71%</b>
45-Analândia	3290	776	23,59%
46-Corumbataí	3287	516	15,70%
47-Ipeúna	3017	785	26,02%
48-Itirapina	11146	2287	20,52%
49-Rio Claro	145725	33064	22,69%
50-Sta. Gertrudes	11401	2754	24,16%
<b>Total RG de Rio Claro</b>	<b>177866</b>	<b>40192</b>	<b>22,60%</b>
53-Camanducaia	18834	4026	21,38%
54-Extrema	15375	1595	10,37%
55-Itapeva	5696	1265	22,21%
56-Toledo	5063	267	5,27%
<b>Total Minas Gerais<sup>1</sup></b>	<b>44968</b>	<b>7153</b>	<b>15,91%</b>
<b>Total da RBPC</b>	<b>3261586</b>	<b>796528</b>	<b>24,42%</b>
<b>Total do ESP</b>	<b>33719835</b>	<b>7853680</b>	<b>23,29%</b>
<b>% RBPC/ESP</b>	<b>9,67</b>	<b>9,90</b>	

Fonte: (CAGED, 1995; SEADE, 1996).

A Figura e.1 mostra a divisão política dos municípios do ESP e EMG da RBPC.

<sup>1</sup> Valores dos municípios de Minas Gerais (IBGE, 1994) estimados com a mesma taxa de crescimento de um município de São Paulo com as mesmas características. Camanducaia = Louveira, Extrema = Santo Antônio da Posse, Itapeva = Monte Alegre do Sul, Toledo = Santa Maria da Serra, portanto os dados percentuais não são passíveis de análise.

- 1-Amparo
- 2-Atibaia
- 3-Bom Jesus dos Perdões
- 4-Bragança Paulista
- 5-Joanópolis
- 6-Monte Alegre do Sul
- 7-Nazaré Paulista
- 8-Pedra Bela
- 9-Pinhaltinho
- 10-Piracaia
- 11-Tuíuti
- 12-Vargem
- 13-Americana
- 14-Arthur Nogueira
- 15-Campinas
- 16-Cosmópolis
- 17-Holambra
- 18-Hortolândia
- 19-Monte Mor
- 20-Nova Odessa
- 21-Paulínia
- 22-Pedreira
- 23-Sta. Bárbara Oeste
- 24-Sto. Antônio Posse
- 25-Sumaré
- 26-Valinhos
- 27-Vinhedo
- 28-Itatiba
- 29-Jarim
- 30-Louveira
- 31-Cordeirópolis
- 32-Iracemápolis
- 33-Limeira
- 34-Águas de São Pedro
- 35-Capivari
- 36-Charqueada
- 37-Elias Fausto
- 38-Mombuca
- 39-Piracicaba
- 40-Rafard
- 41-Rio das Pedras
- 42-Saltinho
- 43-Sta. Maria da Serra
- 44-São Pedro

- 45-Analândia
- 46-Corumbataí
- 47-Ipeúna
- 48-Itirapina
- 49-Rio Claro
- 50-Sta. Gertrudes
- 51-Jaguariúna
- 52-Morungaba

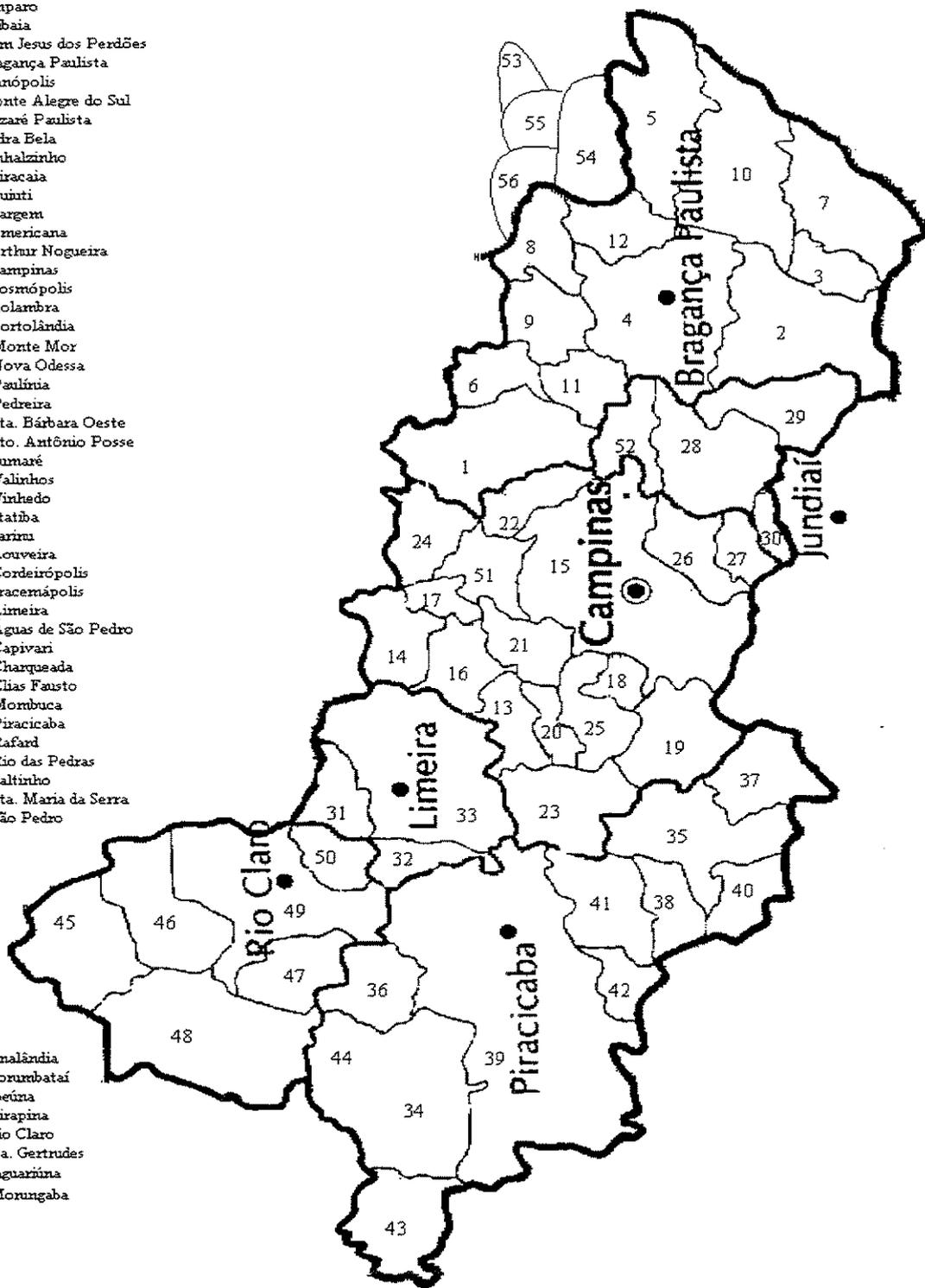


Figura e.1 - Divisão geopolítica dos municípios da RBPC.

No Gráfico e.1 tem-se o percentual de número de empregos registrados em carteira em 1995 (que foi o ano base deste estudo) pela população de cada um dos 52 municípios paulistas<sup>2</sup> da RBPC.

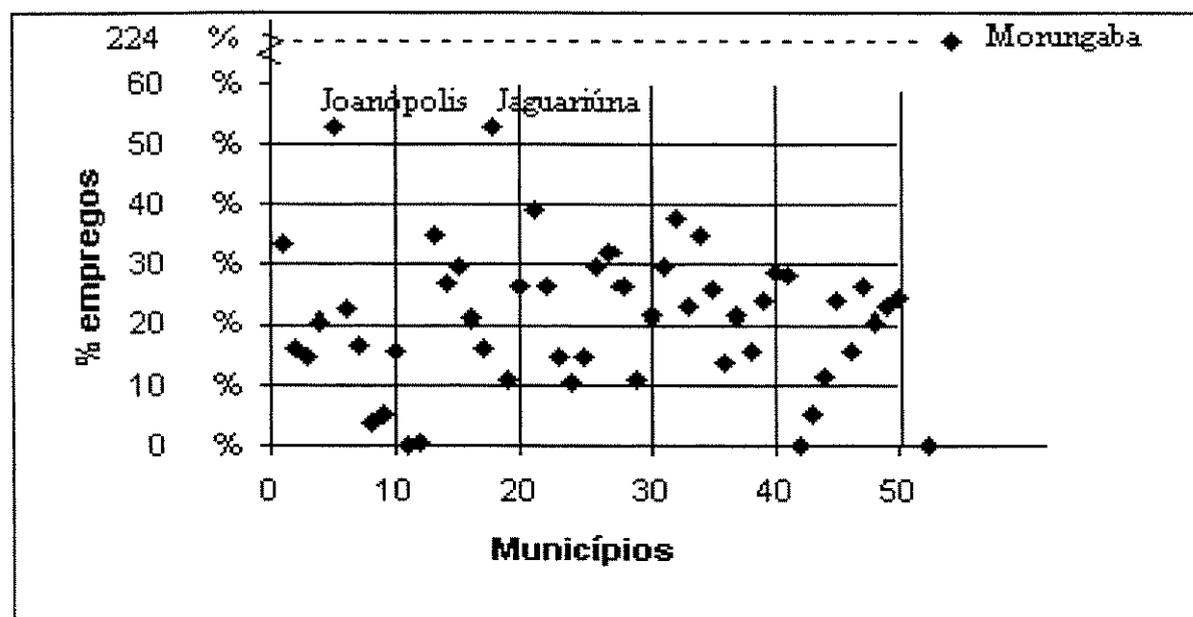


Gráfico e.1 - Percentual de empregos formais pela população municipal paulista da RBPC.

Fonte: (CAGED, 1995; SEADE, 1996).

Nota: Eixo "x" são os 52 municípios paulistas da RBPC correspondentes aos números da figura anterior.

Verifica-se que as cidades de Joanópolis e Jaguariúna com 53% da população com carteira assinada só perdem para Morungaba com 224%, a qual absorve mão de obra de municípios vizinhos como Campinas (com quase 30%). Já as cidades que empregam menos de 10% com carteira de trabalho assinada são: Pedra Bela, Pinhalzinho, Tuiuti e Vargem que circundam a cidade de Bragança (que tem 20% da mão de obra com carteira de trabalho assinada) e de Saltinho e Santa Maria da Serra (que fazem fronteira com Piracicaba com 24%).

<sup>2</sup> 1- Vargem e Tuiuti, 2- Holambra, 3- Saltinho e 4- Hortolândia são municípios criados pela Lei 7.764 de 30 de Dezembro de 1991 e correspondem respectivamente a 1- Bragança, 2- Artur Nogueira, Cosmópolis, Jaguariúna e Santo Antônio da Posse, 3- Piracicaba e 4- Sumaré que são os Municípios que tiveram suas áreas reduzidas com a criação de novos municípios em 1991. Talvez, por este motivo ainda não se tenha os dados de empregos da cidade de Hortolândia.

É interessante salientar que apesar do valor dado a cada código, no estudo de caso do capítulo 4, parecer ser muito mais alto (cem vezes maior), quando analisado como índice por unidade de energia gerada observa-se uma *geração de emprego* de aproximadamente duas vezes maior, devido à diferença no montante de produção de cada proposta/elemento constituinte.

código (vocabulários)	valor (números)	por kWh
<i>nenhum</i>	0	0,0
<i>poucos</i>	100	$0,84 \times 10^{-6}$
<i>muitos</i>	10.000	$1,65 \times 10^{-6}$

Tabela e.4 - Municípios, áreas, densidade populacional e concessionária.

RBPC			Companhia
RG e Municípios	Area (km2) 96	Dens.96	Elétrica/Usina
<i>RG de Brag. Paulista</i>	3.322	103,31	
<b>Amparo</b>	463	119,31	CPFL/Feixos e Jaguari
<b>Atibaia</b>	478	194,95	CESP
<b>Bom Jesus dos Perdões</b>	120	90,96	CESP
<b>Bragança Paulista (**)</b>	489	224,67	EEB e CESP
<b>Joanópolis</b>	377	24,54	CESP
<b>Monte Alegre do Sul</b>	117	53,27	CPFL
<b>Nazaré Paulista</b>	322	37,10	CESP
<b>Pedra Bela</b>	148	34,76	EEB
<b>Pinhalzinho</b>	161	62,34	EEB
<b>Piracaia</b>	374	55,25	CESP
Tuiuti (*)	128	35,98	EEB
Vargem (*)	145	42,16	CESP
<i>RG de Campinas</i>	2.937	644,02	
<b>Americana</b>	144	1165,98	CPFL/Cariobinha e Americana
<b>Artur Nogueira (**)</b>	192	134,95	CESP
<b>Campinas</b>	890	1020,22	CPFL
<b>Cosmópolis (**)</b>	166	239,86	CPFL
<b>Jaguariúna (**)</b>	96	264,69	CPFL
<b>Monte Mor</b>	236	130,90	CPFL
<b>Nova Odessa</b>	62	603,55	CPFL
<b>Paulínia</b>	142	312,96	CPFL
<b>Pedreira</b>	116	274,93	CPFL
<b>Sta. Bárbara Oeste</b>	270	596,37	CPFL/UTE-Carioba
<b>Sto. Antônio Posse (**)</b>	141	105,84	CESP
<b>Sumaré (**)</b>	164	1022,87	CPFL

<b>Valinhos</b>	111	683,50	CPFL
<b>Vinhedo</b>	80	482,58	Eletropaulo
Holambra (*)	65	103,86	CPFL
Hortolândia (*)	62	1852,98	CPFL
<i>RG de Jundiaí</i>	722	154,15	
<b>Itatiba</b>	325	219,38	CPFL
<b>Jarinu</b>	200	61,82	CESP
<b>Louveira</b>	54	333,72	Eletropaulo
<b>Morungaba</b>	143	67,25	CPFL
<i>RG de Limeira</i>	807	321,74	
<b>Cordeirópolis</b>	123	124,71	CESP
<b>Iracemápolis</b>	105	133,47	CESP
<b>Limeira</b>	579	397,74	CESP
<i>RG de Piracicaba</i>	3.515	122,75	
<b>Águas de São Pedro</b>	3	571,67	CPFL
<b>Capivari</b>	319	110,84	CPFL
<b>Charqueada</b>	179	70,27	CPFL
<b>Elias Fausto</b>	203	61,57	CPFL
<b>Mombuca</b>	136	20,84	CPFL
<b>Piracicaba (**)</b>	1353	223,65	CPFL
<b>Rafard</b>	140	62,75	CPFL
<b>Rio das Pedras</b>	221	100,67	CPFL
<b>Sta. Maria da Serra</b>	266	16,86	CPFL
<b>São Pedro</b>	596	39,33	CPFL
Saltinho (*)	99	49,80	CPFL
<i>RG de Rio Claro</i>	1934	97,18	
<b>Analândia</b>	312	11,03	CPFL
<b>Corumbataí</b>	264	13,32	CESP
<b>Ipeúna</b>	170	19,68	CESP
<b>Itirapina</b>	567	19,42	CESP
<b>Rio Claro</b>	521	293,71	CESP
<b>Sta. Gertrudes</b>	100	136,06	CESP
<i>Minas Gerais</i>	1075	0,00	
Camanducaia	507	0,00	
Extrema	258	0,00	
Itapeva	183	0,00	
Toledo	127	0,00	
<b>Total RBPC</b>	14.312		

(\*) Municípios criados pela Lei 7.764 de 30 de Dezembro de 1991.

(\*\*) Municípios que tiveram suas áreas reduzidas com a criação de novos municípios em 1991.

Fonte: (Jannuzzi et alii, 1996; FOLHA DE SÃO PAULO, 1997a).

## Apêndice F

### Consumo de Energia Elétrica por setor e por município da RBPC em 1995

Tabela f.1 - Consumo de eletricidade em 1995 (MWh).

Cidades/Setores	Res.	Ind.	Com.	Rural	Outros	Total
Águas de S. Pedro	2.367	90	6.428	0	1.419	10.304
Americana	117.897	849.585	47.367	668	54.076	1.069.593
Amparo	31.128	110.602	9.746	14.968	10.533	176.977
Analândia	1.406	7.843	441	2.070	985	12.745
Artur Nogueira	11.317	63.218	3.875	3.898	6.408	88.716
Atibaia	66.524	23.704	21.365	26.566	14.798	152.957
Bom Jesus dos Perdões	5.344	16.558	1.153	1.122	1.791	25.968
Bragança Paulista	64.577	146.322	21.547	13.325	26.456	272.227
Camanducaia	3.857	1.458	1.393	320	1.471	8.499
Campinas	690.607	625.518	390.950	21.348	237.386	1.965.809
Capivari	20.801	64.590	5.971	3.663	9.566	104.591
Charqueada	5.350	1.495	856	1.605	2.563	11.869
Cordeirópolis	7.937	61.237	2.405	2.497	3.175	77.251
Corumbataí	875	4.406	373	2.364	433	8.451
Cosmópolis	21.889	28.287	6.174	9.576	7.888	73.814
Elias Fausto	4.656	18.078	962	4.107	1.907	29.710
Extrema	6.537	44.717	1.438	1.607	1.581	55.880
Holambra	62	0	0	0	39	101
Hortolândia	56.198	99.394	7.353	2.384	14.642	179.971
Ipeúna	1.485	1.690	310	938	906	5.329
Iracemópolis	7.487	5.391	2.201	2.332	3.395	20.806
Itapeva	2.048	195	612	447	555	3.857
Itatiba	44.236	112.904	17.996	10.361	16.212	201.709
Itirapina	5.194	679	1.763	7.416	2.484	17.536
Jaguariúna	16.272	79.672	5.254	32.183	8.882	142.263
Jarinu	7.813	11.808	1.280	4.892	1.329	27.122
Joanópolis	3.515	2.023	863	1.646	859	8.906
Limeira	128.622	823.043	54.608	13.769	49.310	1.069.352

Louveira	9.519	31.021	8.328	3.983	62.085	114.936
Mombuca	858	334	108	1.110	576	2.986
Monte Alegre do Sul	2.246	7.660	567	2.746	1.126	14.345
Monte Mor	15.661	54.948	2.619	8.646	5.602	87.476
Morungaba	4.384	28.360	4.186	2.674	1.054	40.658
Nazaré Paulista	6.182	1.553	1.318	1.566	1.292	11.911
Nova Odessa	21.918	136.702	5.824	1.301	8.900	174.645
Paulínia	25.093	401.553	18.899	4.290	26.910	476.745
Pedra Bela	1.288	233	279	1.308	400	3.508
Pedreira	16.633	50.271	4.895	1.420	6.469	79.688
Pinhalzinho	3.800	825	880	1.391	977	7.873
Piracaia	9.721	11.362	2.176	4.039	2.972	30.270
Piracicaba	208.429	688.178	87.243	12.177	77.346	1.073.373
Rafard	4.263	3.374	735	588	2.528	11.488
Rio Claro	94.335	168.294	32.058	11.706	38.535	344.928
Rio das Pedras	10.704	18.058	2.633	2.786	3.594	37.775
Saltinho	3.265	5.986	729	1.694	895	12.569
Santa Barbara D'Oeste	84.884	161.956	18.374	5.309	33.522	304.045
Santa Gertrudes	6.189	51.531	1.116	728	2.525	62.089
Santa Maria da Serra	2.161	260	729	817	739	4.706
Santo Antônio da Posse	6.761	1.040	1.616	7.322	3.099	19.838
São Pedro	15.678	3.379	6.074	3.466	4.131	32.728
Sumaré	84.707	275.066	21.396	5.092	23.755	410.016
Toledo	884	97	120	194	276	1.571
Tuiuti	1.255	57	207	1.590	387	3.496
Valinhos	50.463	269.322	19.293	8.970	17.082	365.130
Vargem	1.928	485	294	687	448	3.842
Vinhedo	30.882	94.211	9.390	3.468	11.518	149.469
<b>TOTAL</b>	<b>2.060.092</b>	<b>5.670.623</b>	<b>866.770</b>	<b>287.140</b>	<b>819.792</b>	<b>9.704.417</b>

Fonte: (CESP, 1997).

## Energia Elétrica

O Gráfico f.1 mostra o consumo de eletricidade do setor residencial para cada um dos 56 municípios de toda a região RBPC (os valores estão na tabela anterior).

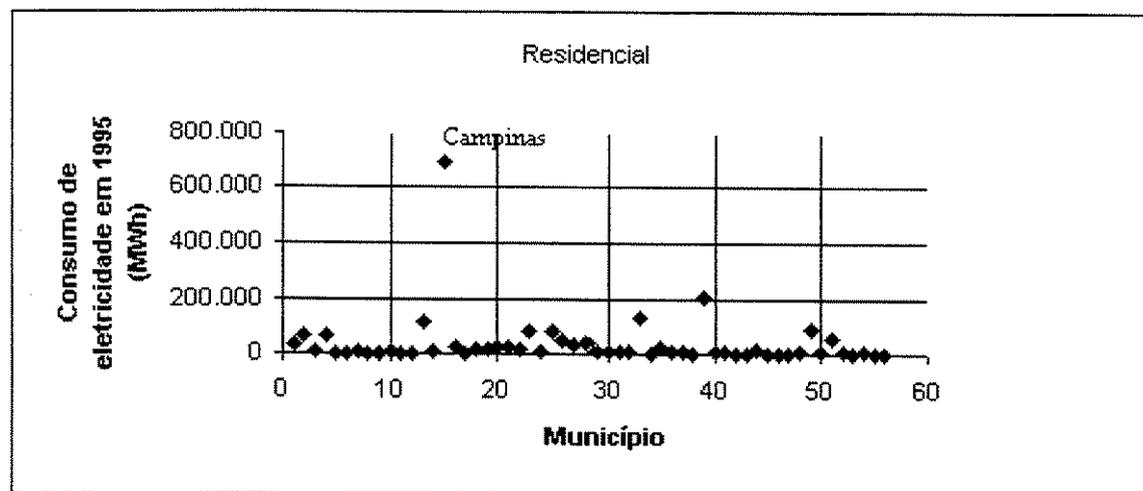


Gráfico f.1 - Consumo de eletricidade residencial por cidade da RBPC em 1995.

Fonte: (CESP, 1997).

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

Verifica-se que a cidade de Campinas é a única que consome mais de 600 GWh no setor residencial no ano de 1995, sendo que todas as outras cidades da RBPC consomem no mínimo três vezes menos.

No Gráfico f.2 tem-se o consumo de eletricidade industrial dos municípios da RBPC.

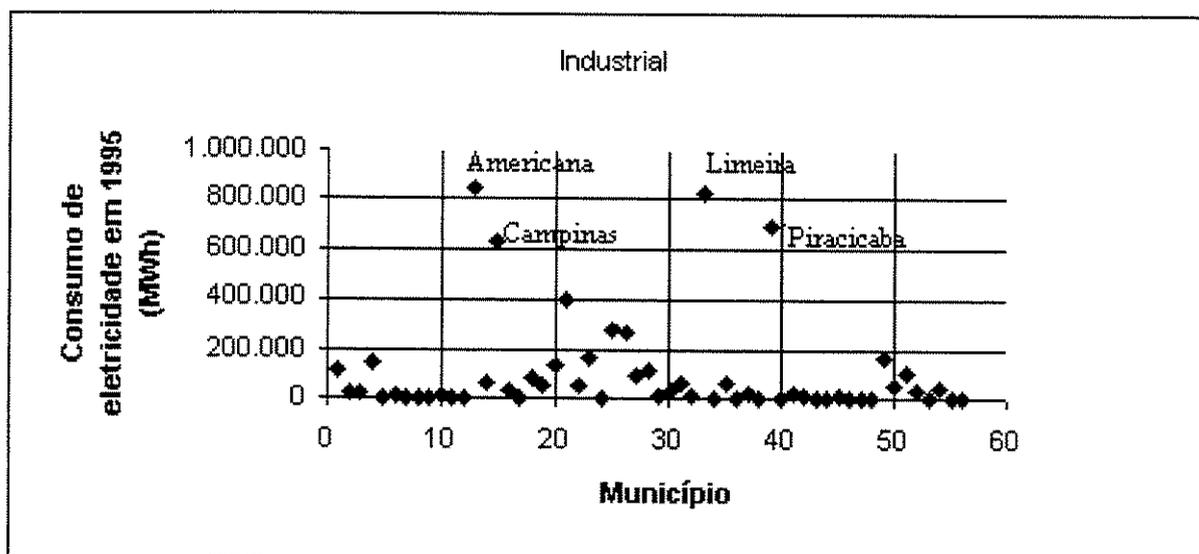


Gráfico f.2 - Consumo de eletricidade industrial por cidade da RBPC em 1995.

Fonte: (CESP, 1997).

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

Como pode-se ver, o maior consumidor de eletricidade no setor industrial é a cidade de Americana, seguida pelas cidades de Limeira, Piracicaba e Campinas.

No Gráfico f.3 tem-se o consumo de eletricidade no setor comercial.

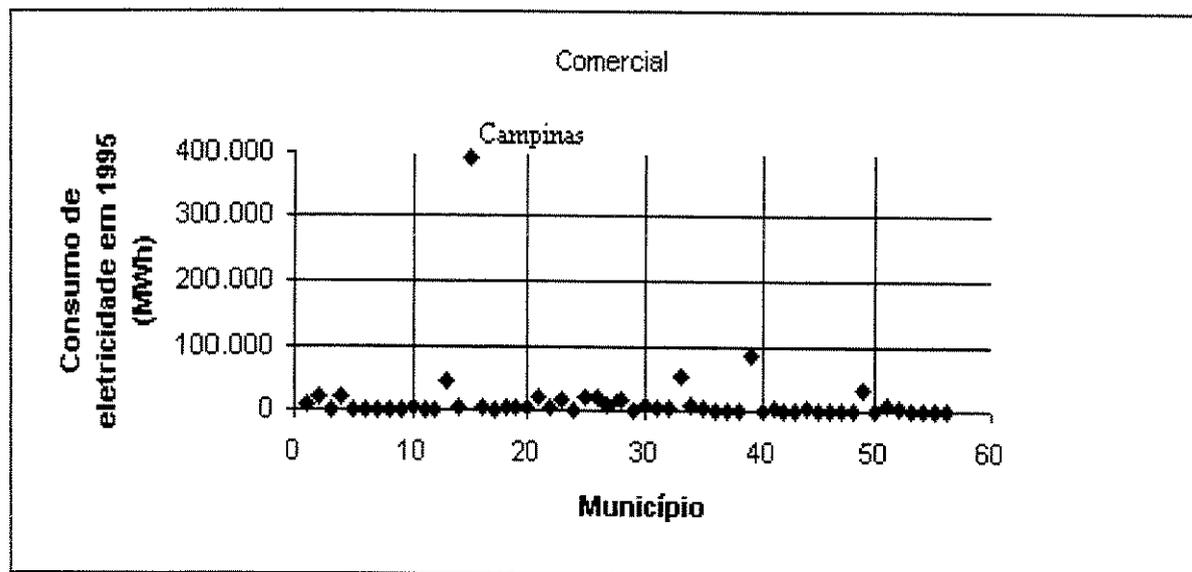


Gráfico f.3 - Consumo de eletricidade comercial por cidade da RBPC em 1995.

Fonte: (CESP, 1997).

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

Aqui, novamente a cidade de Campinas é a maior consumidora de eletricidade no setor comercial com aproximadamente 400 GWh em 1995, o que é quase 4 vezes mais consumo que qualquer outra cidade da RBPC.

No Gráfico f.4 tem-se o consumo rural por cidade do ESP e EMG pertencentes à RBPC.

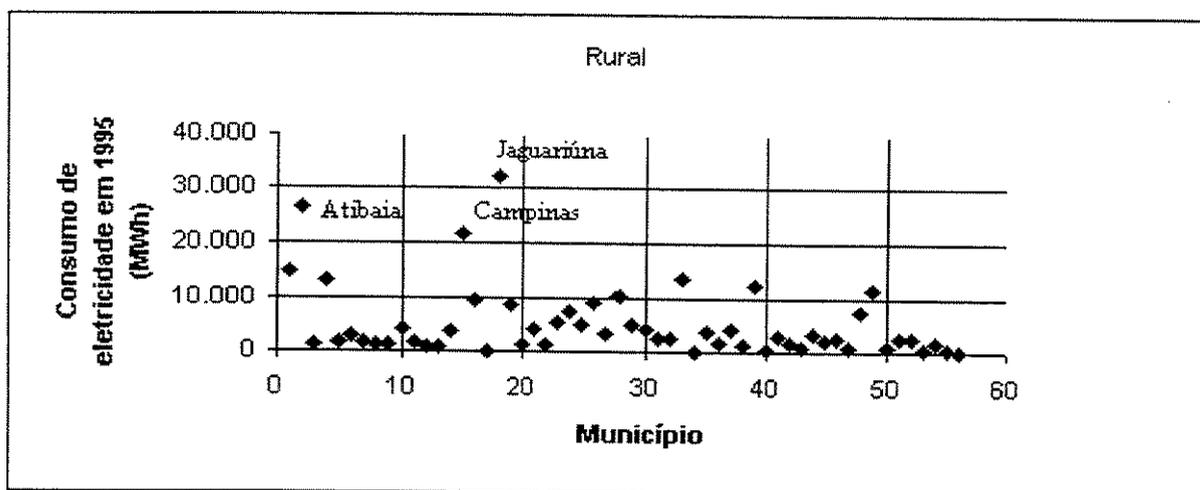


Gráfico f.4 - Consumo de eletricidade rural por cidade da RBPC em 1995.

Fonte: (CESP, 1997).

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

A cidade que mais consome eletricidade no setor rural é a de Jaguariúna, seguida por Atibaia e Campinas, todas paulistas na região RBPC.

O Gráfico f.5 mostra o consumo dos outros setores.

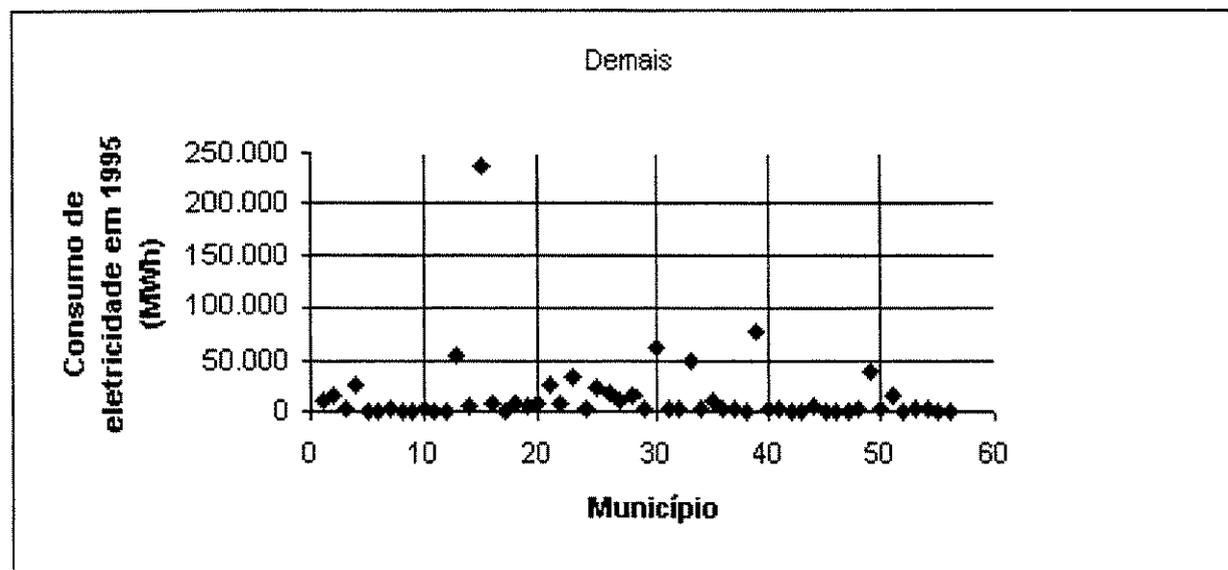


Gráfico f.5 - Consumo de eletricidade dos demais setores por cidade da RBPC em 1995.

Fonte: (CESP, 1997).

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

Aqui novamente surge Campinas como a maior consumidora de eletricidade nos outros setores, com no mínimo três vezes mais consumo que as outras cidades pertencentes à RBPC.

## Apêndice G

### Vendas de biomassa líquida por município da RBPC em 1995.

Tabela g.1 - Consumo de álcool em litros.

Consumo de Alcool	Hidratado
Aguas de S. Pedro	998.000
Americana	33.020.837
Amparo	7.669.970
Analândia	310.000
Artur Nogueira	2.745.660
Atibaia	12.194.840
Bom Jesus dos Perdoes	565.000
Bragança Paulista	14.905.570
Camanducaia	1.268.200
Campinas	172.634.534
Capivari	6.959.680
Charqueada	555.000
Cordeirópolis	2.549.490
Corumbataí	534.000
Cosmópolis	3.196.930
Elias Fausto	2.835.850
Extrema	1.303.074
Holambra	90.000
Hortolândia	2.423.900
Ipeúna	252.050
Itacemópolis	6.252.550
Itapeva	805.000
Itatiba	9.557.410
Itirapina	1.332.950
Jaguariúna	4.982.097
Jarinu	1.396.750
Joanópolis	495.100
Limeira	34.319.153
Louveira	3.723.774
Mombuca	186.000
Monte Alegre do Sul	405.210
Monte Mor	1.766.400
Morungaba	883.000
Nazaré Paulista	666.750

Nova Odessa	4.999.560		
Paulínia	7.876.427		
Pedra Bela	361.000		
Pedreira	4.214.700		
Pinhalzinho	760.000		
Piracaia	1.119.000		
Piracicaba	48.372.719		
Rafard	3.391.110		
Rio Claro	20.202.894		
Rio das Pedras	3.474.140		
Saltinho	410.000		
Santa Barbara do Oeste	10.094.270		
Santa Gertrudes	824.050		
Santa Maria da Serra	417.960		
Santo Antônio da Posse	1.386.250		
São Pedro	2.464.840		
Sumaré	16.531.414		
Toledo	108.000		
Tuiuti	72.280		
Valinhos	11.857.287		
Vargem Grande do Sul	2.714.981		
Vinhedo	7.492.980		
		Massa	Poder Calorífico
		especifica	Superior
<b>Total</b>	<b>482.930.591</b>	<b>kg/m3</b>	<b>kcal/kg</b>
		(m3=1000 l)	(kJ=0,239kcal)
Alcool Hidratado	<b>482.930.591</b>	<b>809</b>	<b>6.650</b>
<b>Total Álcool</b>	<b>litros</b>		<b>Valor total =</b>
			<b>10.871 TJ</b>

Fonte: (DNC, 1996; BEN, 1996).

No Gráfico g.1 tem-se o consumo de álcool hidratado por município da região RBPC.

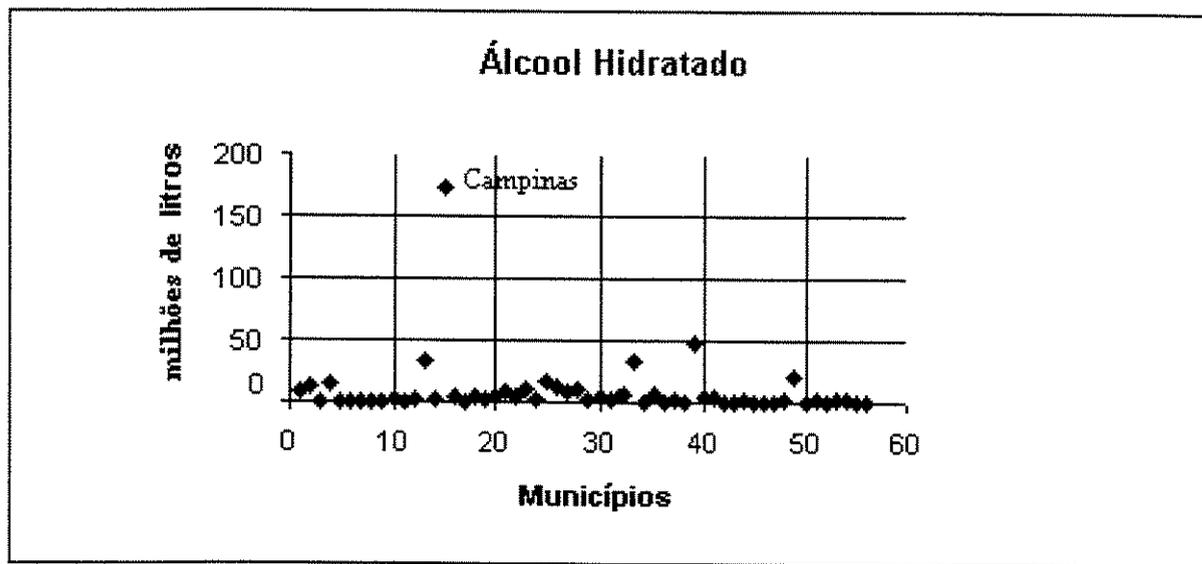


Gráfico g.1 - Consumo de álcool hidratado por município da RBPC em 1995.

Fonte: (DNC, 1996)

Nota: Eixo "x" são os 56 municípios da RBPC correspondentes aos números da figura do apêndice E.

Não foi plotado o álcool anidro que tem um consumo de apenas 66 litros em Paulínia, além dos aproximadamente 20% (naquela época) do total de consumo de gasolina C (que totalizam aproximadamente 148.621.440 litros) devido ao álcool anidro adicionado a esta.

Tudo leva a crer que a cidade de Campinas também é a maior consumidora no setor de transportes devido ao alto consumo de álcool hidratado observado aqui e, aos altos consumos de óleo diesel, gasolina C e gasolina A.

Com relação ao consumo total de biomassa sólida, ou seja, de bagaço de cana de açúcar, na RBPC, tem-se que para 1995 foi de 40.558 TJ (JANNUZZI et alii, 1997).

## Apêndice H

### Vendas de derivados de petróleo em 1995 na RBPC

Tabela h.1 - em litros ou quilos.

Derivados de Petróleo	1995
Gasolina C	707.721.143 litros
Gasolina A	66.224 litros
Gasolina de Aviação	1.412.837 litros
Gasolina sem Chumbo	9.052 litros
Óleo Diesel	863.107.544 litros
Óleo Combustível 1A	97.396.421 quilos
Óleo Combustível A	140.583.082 quilos
Óleo Combustível 2A	68.219.494 quilos
Óleo Combustível E	53.520.183 quilos
Óleo Combustível G5500	80.923.122 quilos
Óleo Combustível 1B	11.252.720 quilos
Óleo Combustível D	27.677.269 quilos
Óleo Combustível C	5.837.697 quilos
Óleo Combustível 3A	52.512.790 quilos
Óleo Combustível 4A	331.790 quilos
Óleo Combustível 5A	1.359.000 quilos
Óleo Combustível 6A	18.645.100 quilos
Óleo Combustível 7A	90.745.030 quilos
Óleo Combustível 8A	44.021.830 quilos
Óleo Combustível 9A	25.158.300 quilos
Butano Desodorizado	6.212 quilos
GLP	227.782.852 quilos
Querosene Iluminante Granel	7.464.443 litros
Querosene Iluminante Envasado	4.428 litros
Querosene de Aviação	160.001.819 litros

Fonte: (DNC, 1996).

SEGUE UM DETALHAMENTO DO CONSUMO (VENDAS) POR MUNICÍPIO convertidos para TJ (DNC, 1996; BEN, 1996).

Tabela h.2 - Vendas de Gasolina (litros) por cidade da RBPC em 1995.

	Aviação	A	C	Sem Chumbo
Aguas de S. Pedro			1.412.150	
Americana			45.067.508	
Amparo			12.722.640	
Analândia			505.000	
Artur Nogueira			3.993.310	
Atibaia	120.000		21.251.340	
Bom Jesus dos Perdoes			1.199.000	
Bragança Paulista			26.110.950	
Camanducaia			2.611.520	
Campinas	548.479	61.180	239.388.590	
Capivari			9.039.700	
Charqueada			880.000	
Cordeirópolis			3.755.328	
Corumbataí			708.070	
Cosmópolis			5.097.880	
Elias Fausto			3.585.350	
Extrema			2.732.050	
Holambra			156.000	
Hortolândia			4.988.300	
Ipeúna			293.150	
Iracemápolis			6.351.783	
Itapeva			1.337.000	
Itatiba			15.429.132	
Itirapina			1.951.550	
Jaguariúna			8.418.058	
Jarinu			2.520.400	
Joanópolis			1.435.130	
Limeira			44.670.649	
Louveira			6.578.467	
Mombuca			202.000	
Monte Alegre do Sul			775.970	
Monte Mor			2.903.280	
Morungaba			1.586.000	
Nazaré Paulista			1.439.750	
Nova Odessa			8.206.110	9.052
Paulínia		4.780	13.261.332	
Pedra Bela			808.640	
Pedreira			6.942.950	
Pinhalzinho			1.639.250	
Piracaia			2.866.570	
Piracicaba	744.358		62.340.182	
Rafard			3.098.990	
Rio Claro		264	30.934.960	
Rio das Pedras			4.166.770	
Saltinho			425.000	
Santa Barbara do Oeste			16.687.130	

Santa Gertrudes			1.271.000	
Santa Maria da Serra			861.420	
Santo Antônio da Posse			2.667.600	
São Pedro			4.462.350	
Sumaré			28.850.803	
Toledo			466.300	
Tuiuti			210.440	
Valinhos			19.384.577	
Vargem Grande do Sul			5.019.194	
Vinhedo			12.052.570	
<b>Total</b>	<b>1.412.837</b>	<b>66.224</b>	<b>707.721.143</b>	<b>9.052</b>
			Massa específica kg/m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> =1000 l)	Poder Calorífico Superior kcal/kg (kJ=0,239kcal)
Gasolina C	707.721.143	litros	742	11.220
Gasolina A	66.224	litros	742	11.220
Gasolina de Aviação	1.412.837	litros	726	11.290
Gasolina sem Chumbo	9.052	litros	742	11.220
<b>Total Gasolina</b>	<b>709.209.256</b>	<b>litros</b>		<b>Valor total = 24.704 TJ</b>

*Tabela h.3 - Vendas de Óleo Diesel (litros) por cidade da RBPC em 1995.*

Águas de S. Pedro	1.704.000
Americana	43.457.480
Amparo	9.079.930
Analândia	1.014.000
Artur Nogueira	10.735.550
Atibaia	25.255.050
Bom Jesus dos Perdoes	935.000
Bragança Paulista	22.116.420
Camanducaia	3.845.650
Campinas	173.506.256
Capivari	14.536.460
Charqueada	1.272.000
Cordeirópolis	8.285.850
Corumbataí	2.327.090
Cosmópolis	11.497.150
Elias Fausto	8.002.190
Extrema	9.076.230
Holambra	358.000
Hortolândia	2.274.450
Ipeúna	610.150
Iracemápolis	16.438.220
Itapeva	5.768.570
Itatiba	22.128.260
Itirapina	5.483.350
Jaguariúna	12.938.320
Jarinu	3.139.030
Joanópolis	1.424.020
Limeira	93.358.838
Louveira	4.930.500
Mombuca	2.653.230
Monte Alegre do Sul	1.347.970
Monte Mor	6.594.130
Morungaba	1.575.340
Nazaré Paulista	1.599.250
Nova Odessa	9.345.830
Paulínia	81.302.478
Pedra Bela	1.005.800
Pedreira	7.195.390
Pinhalzinho	2.577.150
Piracaia	1.637.000
Piracicaba	65.667.940
Rafard	6.454.390
Rio Claro	31.199.920
Rio das Pedras	12.687.680
Saltinho	1.470.000
Santa Barbara do Oeste	17.206.500
Santa Gertrudes	3.057.100

Santa Maria da Serra	1.551.400
Santo Antônio da Posse	6.670.800
São Pedro	5.142.860
Sumaré	24.630.152
Toledo	816.600
Tuiuti	183.090
Valinhos	30.189.960
Vargem Grande do Sul	12.016.480
Vinhedo	11.831.090
<b>Total</b>	<b>863.107.544</b>

		Massa específica kg/m3 (m3=1000 l)	Poder Calorífico Superior kcal/kg (kJ=0,239kcal)	
Total Óleo Diesel	863.107.544 litros	852	10.750	<b>Valor total = 33.076 TJ</b>

Tabela h.4a - Vendas de Óleo Combustível (quilos) por cidade da RBPC em 1995.

	6A	7A	8A	9A	D	E
Aguas de S. Pedro						
Americana					29.661	15.559.048
Amparo					29.175	77.216
Analândia					2.586.681	
Artur Nogueira						
Atibaia						
Bom Jesus dos Perdoes						
Bragança Paulista						
Camanducaia						
Campinas					170.660	3.999.269
Capivari						
Charqueada						
Cordeirópolis						
Corumbataí						
Cosmópolis						639.899
Elias Fausto						
Extrema						
Holambra						
Hortolândia						
Ipeúna						
Iracemápolis						
Itapeva						
Itatiba					3.158.449	
Itirapina						
Jaguariúna						11.840
Jarinu						
Joanópolis						
Limeira		38.034.430	126.840			18.942.645
Louveira						
Mombuca						
Monte Alegre do Sul						
Monte Mor						
Morungaba						
Nazaré Paulista						
Nova Odessa					12.643	
Paulínia	18.645.100	52.710.600	43.894.990	25.158.300	833.943	609.915
Pedra Bela						
Pedreira						
Pinhalzinho						
Piracaia						
Piracicaba						6.336.157
Rafard						
Rio Claro					10.357.156	11.382
Rio das Pedras						
Saltinho						

Santa Barbara do Oeste					12.744	777.398
Santa Gertrudes						
Santa Maria da Serra						
Santo Antônio da Posse						
São Pedro						
Sumaré					8.700.710	610.733
Toledo						
Tuiuti						
Valinhos						5.650.876
Vargem Grande do Sul						
Vinhedo					1.785.447	293.805
<b>Total</b>	<b>18.645.100</b>	<b>90.745.030</b>	<b>44.021.830</b>	<b>25.158.300</b>	<b>27.677.269</b>	<b>53.520.183</b>

*Tabela h.4b - Vendas de Óleo Combustível (quilos) por cidade da RBPC em 1995.*

	5A	G5500	A	C
Águas de S. Pedro				
Americana		21.216.010	10.239.558	
Amparo			16.888.937	
Analândia			41.367	
Artur Nogueira				
Atibaia			1.180.267	
Bom Jesus dos Perdões			1.502.215	
Bragança Paulista				
Camanducaia				
Campinas		15.596.936	9.695.715	205.513
Capivari		6.073.822	1.423.387	
Charqueada				
Cordeirópolis			3.431.516	
Corumbataí				
Cosmópolis			3.172.859	338.671
Elias Fausto				
Extrema				
Holambra				
Hortolândia				
Ipeúna				
Iracemópolis				
Itapeva				
Itatiba			9.061.523	
Itirapina				
Jaguariúna			10.051.007	
Jarinu				
Joanópolis				
Limeira		23.916.264	1.837.860	13.602
Louveira				

Mombuca				
Monte Alegre do Sul				
Monte Mor				11.440
Morungaba			540.331	
Nazaré Paulista				
Nova Odessa			11.728.709	
Paulínia	1.359.000	1.720.220	29.527.798	15.246
Pedra Bela				
Pedreira			2.175.618	
Pinhalzinho				
Piracaia				
Piracicaba		12.399.870	428.670	3.323.487
Rafard				
Rio Claro			4.156.334	
Rio das Pedras			1.548.260	
Saltinho				
Santa Barbara do Oeste			6.654.210	
Santa Gertrudes				
Santa Maria da Serra				
Santo Antônio da Posse				
São Pedro				
Sumaré			12.515.408	1.580.019
Toledo				
Tuiuti				
Valinhos			1.866.599	349.719
Vargem Grande do Sul			678.581	
Vinhedo			236.353	
<b>Total</b>	<b>1.359.000</b>	<b>80.923.122</b>	<b>140.583.082</b>	<b>5.837.697</b>

*Tabela h.4c - Vendas de Óleo Combustível (quilos) por cidade da RBPC em 1995.*

	1A	1B	2A	3A	4A
Aguas de S. Pedro	73.170				
Americana	10.141.499		19.102.690	17.299.993	
Amparo	3.498.622				
Analândia		171.519			
Artur Nogueira	177.026		3.317.750		
Atibaia	108.449				
Bom Jesus dos Perdoes	1.106.774				
Bragança Paulista	2.719.704		5.419.639		
Camanducaia					
Campinas	15.607.127	1.250.218	2.967.260	1.405.735	
Capivari	577.804			489.902	
Charqueada	75.095				
Cordeirópolis	340.500				
Corumbataí					
Cosmópolis	1.500.671		37.086		

Elias Fausto					
Extrema					
Holambra	354.300				
Hortolândia					
Ipeúna					
Iracemópolis	26.297				
Itapeva					
Itatiba	5.883.801	232.192	11.750		
Itirapina					
Jaguariúna	1.273.188			700.000	
Jarinu					
Joanópolis					
Limeira	20.496.949	1.676.340	3.475.374	25.118.312	
Louveira	1.214.380		14.405		
Mombuca					
Monte Alegre do Sul					
Monte Mor	462.887				
Morungaba	23.707				
Nazaré Paulista					
Nova Odessa	2.039.777		14.016		
Paulínia	17.501.903	1.873.480	12.631.119	5.850.930	331.790
Pedra Bela					
Pedreira	586.715				
Pinhalzinho					
Piracaia					
Piracicaba	1.556.112	68.060	21.228.405	1.605.918	
Rafard					
Rio Claro	2.132.265	1.457.539			
Rio das Pedras	83.184				
Saltinho					
Santa Barbara do Oeste	487.008				
Santa Gertrudes	581.709				
Santa Maria da Serra					
Santo Antônio da Posse					
São Pedro					
Sumaré	3.073.306	440.335			
Toledo					
Tuiuti					
Valinhos	2.206.708			42.000	
Vargem Grande do Sul	213.110	51.060			
Vinhedo	1.272.674	4.031.977			
<b>Total</b>	<b>97.396.421</b>	<b>11.252.720</b>	<b>68.219.494</b>	<b>52.512.790</b>	<b>331.790</b>

		Poder Calorífico Superior kcal/kg (kJ=0,239kcal)
Óleo Combustível 1A	97.396.421 quilos	10900
Óleo Combustível A	140.583.082 quilos	
Óleo Combustível 2A	68.219.494 quilos	
Óleo Combustível E	53.520.183 quilos	
Óleo Combustível G5500	80.923.122 quilos	
Óleo Combustível 1B	11.252.720 quilos	
Óleo Combustível D	27.677.269 quilos	
Óleo Combustível C	5.837.697 quilos	
Óleo Combustível 3A	52.512.790 quilos	
Óleo Combustível 4A	331.790 quilos	
Óleo Combustível 5A	1.359.000 quilos	
Óleo Combustível 6A	18.645.100 quilos	
Óleo Combustível 7A	90.745.030 quilos	
Óleo Combustível 8A	44.021.830 quilos	
Óleo Combustível 9A	25.158.300 quilos	
<b>Total Óleo Combustível</b>	<b>718.183.828 quilos</b>	<b>Valor total = 33.180 TJ</b>

Tabela h.5 - Vendas de GLP e Butano (quilos) por cidade da RBPC em 1995.

	<b>Butano</b>	<b>GLP</b>
Aguas de S. Pedro		179.789
Americana		9.295.341
Amparo		3.071.657
Analândia		28.138
Artur Nogueira		646.410
Atibaia		3.304.470
Bom Jesus dos Perdões		588.771
Bragança Paulista		4.705.248
Camanducaia		525.033
Campinas		44.497.240
Capivari		3.144.301
Charqueada		238.017
Cordeirópolis		19.062.732
Corumbataí		4.737
Cosmópolis		2.551.890
Elias Fausto		29.826
Extrema		937.431
Holambra		14.171
Hortolândia		4.888.046
Ipeúna		209.147
Iracemápolis		1.073.528
Itapeva		184.851
Itatiba		3.791.361
Itirapina		427.219
Jaguariúna		2.067.784
Jarínú		965.162
Joanópolis		355.247
Limeira		12.072.033
Louveira		1.031.137
Mombuca		4.005
Monte Alegre do Sul		205.325
Monte Mor		1.246.648
Morungaba		358.439
Nazaré Paulista		539.732
Nova Odessa		2.050.706
Paulínia		5.415.376
Pedra Bela		160.047
Pedreira		7.110.917
Pinhalzinho		348.233
Piracaia		739.629
Piracicaba		16.339.206
Rafard		144.108
Rio Claro		14.715.780
Rio das Pedras		516.311
Saltinho		29.094
Santa Barbara do Oeste	6.212	5.663.630

Santa Gertrudes		31.312.582
Santa Maria da Serra		417.887
Santo Antônio da Posse		405.343
São Pedro		738.592
Sumaré		10.728.060
Toledo		76.445
Tuiuti		0
Valinhos		4.648.484
Vargem Grande do Sul		1.179
Vinhedo		3.976.375
<b>Total</b>	<b>6.212</b>	<b>227.782.852</b>

		Poder Calorífico Superior kcal/kg (kJ=0,239kcal)
Butano Desodorizado	6.212 quilos	11750
GLP	227.782.852 quilos	
<b>Total GLP e Butano</b>	<b>227.789.064 quilos</b>	<b>Valor total = 11.199 TJ</b>

Tabela h.6 - *Vendas de Querosene (litros) por cidade da RBPC em 1995.*

	<b>Iluminante Envasado</b>	<b>Iluminante Granel</b>	<b>Aviação</b>
Águas de S. Pedro			
Americana		1.181.440	
Amparo		60.000	
Analândia			
Artur Nogueira	160	30.000	
Atibaia	320		
Bom Jesus dos Perdões			
Bragança Paulista	200	47.200	
Camanducaia			
Campinas	840	1.854.160	157.248.811
Capivari		37.020	
Charqueada			
Cordeirópolis			
Corumbataí			
Cosmópolis			
Elias Fausto			
Extrema			
Holambra			
Hortolândia			
Ipeúna			
Iracemápolis	64		
Itapeva			
Itatiba	420	78.600	
Itirapina			
Jaguariúna			
Jarinu		5.000	
Joanópolis			
Limeira	832	513.013	
Louveira			
Mombuca			
Monte Alegre do Sul			
Monte Mor			
Morungaba			
Nazaré Paulista			
Nova Odessa			
Paulínia		563.100	2.538.438
Pedra Bela			
Pedreira	700		
Pinhalzinho			
Piracaia			
Piracicaba	148	816.080	214.570
Rafard			
Rio Claro		1.010.570	
Rio das Pedras			
Saltinho			
Santa Barbara do Oeste	44	97.240	

Sub-setor	Uso-final	% *[a]	Consumo MWh	Conservação (%)*[b]	CCE (US\$/kWh)*[b]
Outros		26,00	2505591		
	- Caldeira	2,00	50112	10	0,011
	- Aq. Água/F. Ter	1,00	25056	10	0,011
	- Forno	20,00	501118	10	0,011
	- Secador/Estufa	5,00	125280	10	0,011
	- Força Motriz	61,00	1528411	50	0,016
	- Iluminação	7,00	175391	50	0,040
	- Outros	4,00	100224	15	0,030
<b>Total</b>		<b>100,00</b>	<b>9636890</b>		

Notas: \*[a] Baseado na quebra de consumo por sub-setor (UGAYA, 1996) e por seus usos-finais (AAE, 1990), \*[b] Estimativa do potencial de conservação e custo por usos finais (UGAYA, 1996).

Tabela i.2 - Consumo de eletricidade no setor residencial por uso-final da RBPC.

Uso-final	% *[a]	Consumo MWh	Conservação (%)*[b]	Custo (US\$/kWh) *[b]
- Chuveiro	19,51	677909	20	0,013
- Televisão	11,85	411749	15	0,050
- Forno Microondas *[c]	0,06	2085	15	0,032
- Rádio	1,64	56985	15	0,050
- Máq. Lavar Louça	0,07	2432	33	0,015
- Ar Condicionado	3,41	118486	30	0,032
- Máq. Lavar Roupa	1,53	53162	33	0,050
- Secadora de Roupa	0,61	21196	15	0,032
- Ferro	2,50	86867	5	0,050
- Iluminação	12,88	447538	50	0,026
- Geladeira	34,06	1183473	35	0,029
- Ventilador Circulador	0,17	5907	30	0,030
- Freezer	6,20	215430	30	0,029
- Outros *[d]	5,51	191454	15	0,050
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>3474673</b>		

Notas: \*[a] (PROCEL, 1989) e (UGAYA, 1996), \*[b] Redução do consumo e custos de conservar eletricidade no cenário eficiente do setor residencial devido ao uso de tecnologias mais eficientes (UGAYA, 1996), \*[c] Considera-se aqui a cocção elétrica sendo o forno microondas, \*[d] valor corrigido.

Tabela i.3 - Consumo de eletricidade por sub-setor comercial e por uso-final da RBPC.

Sub-setor	Uso-final	% *[a]	Consumo MWh	Conservação (%) *[b]	CCE (US\$/kWh) *[b]
<i>Lojas</i>		11,00	160780		
	- Iluminação	76,40	122836	60	0,020
	- Ar Condic.	11,90	19133	60	0,012
	- Outros *[c]	11,70	18811	30	0,032
<i>Comércio de Alimento</i>		17,00	248479		
	- Ar Condic.	1,80	4473	60	0,012
	- Cocção Elét.	13,40	33296	25	0,032
	- Refrigeração	56,00	139148	35	0,010
	- Iluminação	25,00	62120	70	0,020
	- Outros	3,80	9442	30	0,032
<i>Serviço de Alimento</i>		12,00	175397		
	- Ar Condic.	7,10	12453	60	0,012
	- Cocção Elét.	26,20	45954	20	0,032
	- Refrigeração	44,20	77525	30	0,010
	- Iluminação	20,30	35606	70	0,026
	- Outros	2,20	3859	30	0,032
<i>Serviços Pessoais</i>		3,00	43849		*[d]
	- Ar Condic.	3,00	1315	60	0,012
	- Iluminação	8,90	3903	50	0,026
	- Outros	88,10	38631	30	0,032 *[e]
<i>Bancos</i>		7,00	102315		
	- Ar Condic.	33,80	34582	60	0,012
	- Cocção Elét.	0,30	307	30	0,032
	- Refrigeração	0,10	102	40	0,010
	- Iluminação	52,10	53306	50	0,020
	- Outros *[c]	13,70	14017	30	0,032
<i>Escritórios</i>		21,00	306944		
	- Ar Condic.	34,30	105282	60	0,012
	- Iluminação	50,30	154393	60	0,026
	- Outros *[c]	15,40	47269	50	0,032 *[f]
<i>Grandes Estabelecimentos</i>		20,00	306944		
	- Ar Condic.	33,60	103133	70	0,018
	- Cocção Elét.	6,10	18724	25	0,032
	- Refrigeração	6,10	18724	35	0,010
	- Iluminação	49,50	151937	60	0,026
	- Outros *[c]	4,70	14426	35	0,032

Sub-setor	Uso-final	% *[a]	Consumo MWh	Conservação (%) *[b]	CCE (US\$/kWh) *[b]
<i>Outros</i>		9,00	306944		
	- Ar Condic.	10,40	31922	60	0,018
	- Iluminação	16,70	51260	50	0,026
	- Outros	72,90	223762	30	0,032 *[g]
<b>Total</b>		<b>100,00</b>	<b>1461639</b>		

Notas:

\*[a] Baseado na quebra de consumo por sub-setor (JWCA, 1989) e por seus usos-finais (JWCA, 1989) e (UGAYA, 1996).

\*[b] Redução do consumo, custos de conservar energia elétrica em diversos estabelecimentos do setor comercial por uso final (UGAYA, 1996).

\*[c] Assume-se que estes outros incluam os 40% da refrigeração a 0,01 US\$/kWh e os 30% da cocção a 0,032 US\$/kWh.

\*[d] Considera-se os serviços pessoais como sendo os hotéis.

\*[e] Assume-se que estes outros incluam os 35% da refrigeração a 0,01 US\$/kWh e os 25% da cocção a 0,032 US\$/kWh.

\*[f] Assume-se que estes outros incluam os 40% da refrigeração a 0,01 US\$/kWh e os 30% da cocção a 0,032 US\$/kWh.

\*[g] Assume-se que estes outros incluam os 40% da refrigeração a 0,01 US\$/kWh e os 30% da cocção a 0,032 US\$/kWh.