Mário Fernandes Biague

**Modelagem da Carteira dos Recursos Energéticos no PIR:
Validação do Modelo no PIR de Araçatuba**

**São Paulo
2010**

Mário Fernandes Biague

**Modelagem da Carteira dos Recursos Energéticos no PIR:
Validação do Modelo no PIR de Araçatuba**

Tese submetida à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia
Elétrica.

Área de concentração: Sistemas de
Potência

Orientador: Prof. Dr. Miguel Edgar Morales
Udaeta

**São Paulo
2010**

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de junho de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Biague, Mario Fernandes

Modelagem da carteira dos recursos energéticos para o planejamento integrado dos recursos energéticos / M.F. Biague. -- ed.rev. -- São Paulo, 2010.

224 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Planejamento energético – Araçatuba (SP) 2.Recursos energéticos 3.Modelos matemáticos 4.Sistemas elétricos de potência I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

Dedicatória

À minha companheira Celeste Alfredo Mendonça

Aos meus filhos Artur S. F. Biague e Amilcar M. F. Biague

À minha tia Linda Padjo Quáde (Ponopadjo)

Aos meus pais, Fernando Biague e Utlinda Gonhé Quáde (Bambipo)

À minha prima Maria Mendonça (Apili)

À Berta Alexandrovna (minha segunda mãe)

Aos meus mestres Amilcar Cabral, Luis Cabral, Carmem Pereira, Mário

Cabral, Beatriz Cabral, Sérifo Fal Camará, Cambraima Baio, Teobaldo Barbosa,
Carlos Dias, Domingos Brito, Lilica Boal, Agnelo Regala, Fernando Diplon, Armando

José e Antonio Sanca

Agradecimentos

Ao Professor Miguel Edgar Morales Udaeta pela orientação durante estes anos, pelas discussões que estimularam e desenvolveram minha capacidade de análise e reflexão, pelo suporte irrestrito e continuo as pesquisas dentro da universidade e pela amizade que tem mostrado.

Ao Raphael Bertrand Heideier pelo apoio incondicional e incansável, tanto durante as discussões para o desenvolvimento do modelo como na sua implementação computacional.

Ao Ricardo Lacerda Baitelo, Barnabé, Paulo Kanayama e Martim Debs Galvão, pelo apoio nas correções, nas idéias que permitiram a conclusão deste trabalho.

Ao Professor Dorel Soares Ramos, pelo imenso apoio dado na elaboração do modelo, nas idéias que contribuíram para o melhoramento da modelagem proposta.

Aos Professores Luiz Cláudio Ribeiro Galvão, Marco Antonio Saidel, Lineu Belico dos Reis, Podalyro Amaral de Souza (Poli Civil), Ivone Lemos (CTH-USP), Kokei Uehara (Poli Civil), que me apoiaram não só no desenvolvimento das minhas atividades acadêmicas aqui no Brasil, mas também nos momentos mais difíceis da minha vida. Hoje posso afirmar que substituíram por completo a minha família ao longo destes anos.

Aos professores Nelson Kagan, Carlos Vieira Tahan, Geraldo Francisco Burani, José Aquiles Baeso Grimoni, Antônio Jardini e José Cardoso pelo apoio e estímulo durante estes anos nas atividades de pesquisa.

À Rosangela, Lazara e ao Cairbar da Reitoria, sem o apoio dos quais não chegaria a esta fase da minha pesquisa.

À todos os pesquisadores do PIR com os quais compartilhei idéias e experiências durante este período, entre eles: Jonathas Oliveira Bernal, Alexandre Orrico Reinig, Alexandre Malta Tedaldi, André Veiga Gimenes, Ricardo Fujii, Paulo Carneiro, Fábio Correa Leite, Pascoal Rigolin, Raquel Rodrigues, Giselle Teles, Julia Bellacosa, Fatuma Ondongo, Bruno Keiti Shimanoe, Flavio Marques de Azevedo, Victor Katayama, Vanessa Massara, Mauricio Sabbag, Isabel Sado, Thiago de Oliveira, Janaina de Souza, Rafael de Lima, Eduardo Fiedler, Carlos Faria, Felipe

Costa, Decio Cicone Junior, dentre outros cujos nomes não foram mencionados, mas que também contribuíram de forma indireta no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao PEA pela bolsa de apoio, sem a qual seria difícil levar adiante as atividades de pesquisa até esta fase conclusiva.

À UNESP (Universidade Estadual de São Paulo) de Ilha Solteira, em particular, ao Prof. Dr. Ricardo Ramos pelo apoio dado ao desenvolvimento dos trabalhos de campo.

À UNISAL (Universidade Salesiano) de Araçatuba.

À Cooperhidro, em particular a Carlos Farias.

Ao PRH-ANP/04.

Ao CNPQ- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, através do Programa de Pesquisa em Políticas Públicas, onde se insere o Projeto “Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável”, processo N^o 03/06441-7.

Ao IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – por apoiar as atividades do PIR Araçatuba através da estrutura da ANP.

Aos meus irmãos Bernardo, Alda, Emilio e Júlio pelo encorajamento durante todos estes anos de estudo.

Aos meus sobrinhos Vladimir Ailton Cuma Nancassa e Leonildo Alves Cardoso pelo apoio e estímulo durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus cunhados Frorsil Alfredo Mendonça, Paulina Cuma e Sabado Mendonça pelo apoio dado durante os trabalhos de pesquisa.

Ao Dr. Paraguassú, Mauricio Paraguassú e Rodrigo Paraguassú pelo apoio que sem qual não chegaria ao final desta pesquisa.

Aos meus amigos Larissa Dahaba e Abubacar Dahaba, Armando Napóco, Rafael Espírito Santos, Fabiana Morabito (FFLCH), Luís Anibal, Luís Pinheiro, Maria de Nascimento Fortes, Alfredo Ndêque e Jaime Nhânro pelo encorajamento, apoio e conselhos.

Resumo

O objetivo desta tese é construir um modelo de composição de carteiras de recursos energéticos dentro do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (PIR), aplicável em uma determinada região ou país. Este modelo inclui as etapas de definição do espaço geográfico de estudo, o mapeamento de recursos, a caracterização dos recursos energéticos existentes e sua valoração. Após estas etapas, é feita a composição de carteiras energéticas, seguida pela construção de cenários e análise de riscos e incertezas para a definição da carteira preferencial dos recursos energéticos da região.

Como ferramentas de apoio, são adaptados modelos matemáticos aplicados em sistemas financeiros para a seleção e análise de carteiras de investimentos, modelos para a avaliação de riscos e incertezas, o software de Planejamento de Alternativas Energéticas de Longo Alcance (LEAP) para a criação de cenários e previsão da demanda energética e o software Decision Lens (DL) para o ranqueamento e a alocação de recursos financeiros dos recursos energéticos dentro da carteira definida, considerando as dimensões técnico-econômico, ambiental, social e política.

A caracterização dos recursos energéticos envolve o levantamento das características socioeconômicas, ambientais, o perfil dos envolvidos e interessados do setor energético, a listagem de recursos energéticos locais (hídricos, eólicos, solares, nucleares, biomassa, geotérmicas, células a combustíveis dentre outros). Também são levantadas características construtivas das tecnologias existentes e que podem ser incorporadas na matriz energética da região em estudo.

O processo de avaliação dos potenciais energéticos envolve o cálculo dos potenciais energéticos teóricos de cada recurso energético existente na região. Após a avaliação dos potenciais, faz-se a priorização ou ranqueamento destes recursos através de critérios pré-definidos, em duas avaliações diferentes: Avaliação Determinística dos Custos Completos (ADCC) e Avaliação Holística dos Custos Completos (AHCC). Para gerar ambos os rankings utiliza-se o software Decision Lens (DL) baseado no método do Processo de Análise Hierárquico (PAH). O cruzamento das avaliações resulta em ranking geral dos recursos energéticos, utilizado posteriormente para a construção de carteiras dos recursos energéticos.

Na valoração dos recursos energéticos, consideram-se atributos ambientais, sociais, técnico-econômicos e políticos, que podem afetar a formação de carteiras eficientes dentro do PIR a longo prazo. O resultado do processo de valoração é o potencial energético realizável da região em estudo.

Para este potencial, aplica-se o modelo analítico de formação de carteiras de recursos energéticos. Neste são considerados o ranking, o volume de investimentos, os atributos ambientais (emissões), sociais (IDH, número de empregos, ocupação de solo), políticos (incentivos governamentais, impostos) e todos os parâmetros técnico-econômicos relacionados às tecnologias selecionadas para o aproveitamento de cada recurso energético. Com a incorporação destas variáveis no modelo, faz-se simulações para a obtenção de carteiras ótimas para a construção do Plano Preferencial dentro do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos.

Palavras-Chave: Planejamento Energético, Análise de Riscos e Incertezas, Planejamento Integrado de Recursos, Seleção de Carteiras, Região Administrativa de Araçatuba.

Abstract

BIAGUE, M. F., **Energy Resources Portfolio Model in the IERP: A Case of Study in the Administrative Region of Araçatuba**, Doctorship Thesis - Department of Energy and Electric Automation , School Politecnic of University of São Paulo, São Paulo, 2010.

The main objective of this thesis is to establish a model to guide the composition of energy resources portfolios in the process of the Integrated Resources Planning (IRP) in a region or a country. This includes steps such as the definition of the geographical space of study, mapping of resources, characterization of existing energy resources, and valuation of energy resources. After these steps, the portfolios are formed, followed by the construction of scenarios, and the analysis of risks and uncertainties for the definition of the preferential portfolio of energy resources in the region.

Supporting tools based on mathematical models used in financial systems are adapted to the selection and analysis of investment portfolios, models for the evaluation of risks and uncertainties, the Long Range Energy Alternatives Planning Software (LEAP) to create energy demand scenarios and the Decision Lens Software (DL) to rank and allocate financial resources of energy resources within a defined portfolio, considering the technical-economic, environmental, social and political dimensions.

The energy resources characterization involves the removal of socioeconomic characteristics, environmental, the profile of those involved and interested in the energy sector, the listing of local energy resources (water, wind, solar, nuclear, geothermal, biomass, fuel cells among other). Constructive features have also been raised of existing technologies and that can be incorporated into the energy matrix of the region under study.

The process of energy potential evaluation involves the calculation of theoretical potential energy of each existing energy resource in the region. After the assessment of potential, it was ranking resources through pre-established criteria in two different assessments: Full costs Deterministic Evaluation (ADCC) and Holistic Assessment of Full Costs (AHCC). To generate both rankings, it was used the software Decision Lens (DL) based on the method of Tiered Analysis process (PAH).

With both assessment results, it is build the overall ranking of energy resources, used to build an energy resources portfolio.

In the valuation of energy resources, environmental, social, technical-economic and political attributes are considered to the resources valuation that may affect the portfolio selection within the IRP in the long term. The result of the valuation process is the disposable energy potential of the region in the study.

Using the information above, finally, it was applied an analytical portfolio selection model of energy resources. It considered the ranking, the volume of investments, the environmental attributes (emission), social (IDH, number of jobs, occupation of land), political (Government incentives, taxes) and all the parameters related to the technical-economical selected technologies for the enjoyment of each energy resource. With the incorporation of these variables in the model, simulations for obtaining optimal portfolios for the construction of the Preferred Plan within the IERP.

Key Words: Energy Planning, Regulatory Risk, Integrated Energy Resources Planning, Portfolio Selection, Administrative Region of Araçatuba.

Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama Esquemático do PIR	40
Figura 2: Princípios de Dominância de Markowitz entre Ativos.....	52
Figura 3: Fronteira eficiente das carteiras	53
Figura 4: Redução do Risco pela Diversificação	54
Figura 5: Modelo para Definição dos Recursos da Carteira	59
Figura 6: Fluxograma do Resumo dos Procedimentos do Levantamento de Tecnologias Existentes e Novas	66
Figura 7: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Técnico-Econômico	73
Figura 8: Árvore dos atributos do Meio Terrestre	74
Figura 9: Árvore do atributo meio aquático	76
Figura 10: Árvore dos Atributos do Meio Aéreo.....	77
Figura 11: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Ambiental	77
Figura 12: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Social.....	79
Figura 13: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Política.....	81
Figura 14: Fluxograma para Modelagem das variáveis para Análise de uma carteira dos Recursos Energéticos.	110
Figura 15: Taxa de Crescimento Populacional da Região	115
Figura 16: Pirâmides etárias da região e do Estado de São Paulo, [2007].	116
Figura 17: Distribuição das Ocupações dentro da RAA	118
Figura 18: Mapa Hidrológico da Região Administrativa de Araçatuba	120
Figura 19: Listagem dos Recursos Energéticos de Oferta e Demanda na RAA	123
Figura 20: Recursos Peneirados para Estudo de Caso na RAA	124
Figura 21: Valoração dos Atributos da Dimensão Técnico-Econômica.....	126
Figura 22: Ranking Determinístico dos recursos energéticos gerado pelo DL	129
Figura 23: Modelo de árvore hierárquica para metodologia PAH.....	132
Figura 24: Estabilidade do desvio padrão em função do nº de cenários de PL.....	143
Figura 25: Risco retorno das carteiras de investimento para o ano inicial.	147
Figura 26: Visualização gráfica do Ranking x Retorno das carteiras	148
Figura 27: Visualização da emissão de Carbono equivalente por retorno esperado ponderados pela produção de energia.....	149
Figura 28: Visualização gráfica do Risco x Retorno das carteiras relativos ao investimento	149

Lista de Tabelas

Tabela 1: Valoração dos Recursos de Oferta	126
Tabela 2: Recursos Energéticos do lado da demanda	127
Tabela 3: Listagem dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda da RAA	128
Tabela 4: Ranking Qualitativo Final	131
Tabela 5: Ranking Geral Final	133
Tabela 6: Projeção do consumo de energia por setor para Cenário Tendencial (mil MWh)	139
Tabela 7: Dados de Entrada técnico-econômicos	144
Tabela 8: Dados de Entrada Sociais e Ambientais	144
Tabela 9: Exemplo de série aleatória de PML	145
Tabela 10: Limites de emissão de Poluentes [kg C eq.]	145
Tabela 11: Diferença das Demandas Projetadas [MWh]	145
Tabela 12: Recursos financeiros para investimento [R\$ 10⁸]	145
Tabela 13: Parâmetros da carteira selecionada	150
Tabela 14: Carteira-Maximização do Ranking-Retorno e Carbono Equivalente-Retorno	150
Tabela 15: Carteira Preferencial ótima da relação Risco versus Retorno	151
Tabela 16: Resumo de Dados da Região do Estudo de Caso- RAA	173
Tabela 17: Atividades Industriais da RAA	175
Tabela 18: Dados Socioeconômicos da RAA, [Balanço Energético, 2009]	175
Tabela 19: Potência Instalada de Termoeletricidade	176
Tabela 20: Produção de Energia na RAA 2000-2008	176
Tabela 21: Produção de Cana-de Açúcar	176
Tabela 22: Produção de Álcool e Exportação	176
Tabela 23: Produção do Bagaço, Melaço na RAA	177
Tabela 24: Produção de Lenha e Carvão Vegetal na RAA e SP	177
Tabela 25: Consumo de Energia Elétrica por setores de Atividades Econômicas na RAA	177
Tabela 26: Emissões de CO ₂ por fonte na RAA	178
Tabela 27: Valoração da Dimensão Ambiental	183
Tabela 28: Valoração da Dimensão Social	184
Tabela 29: Valoração da Dimensão Política	186
Tabela 30: Valoração da Dimensão Técnico-Econômica	188
Tabela 31: Distribuição da População em Residências e Classes Econômicas	190
Tabela 32: Distribuição de Eletrodomésticos por Classe de Renda	191
Tabela 33: Potência Instalada em Lâmpadas e Média de Uso em Residências da Classe C	191
Tabela 34: Relativização de Uso de Energéticos para Cocção - Brasil	192
Tabela 35: projeção de consumo de energia no setor residencial (em mil MWh)	195
Tabela 36: Projeção de Consumo de energia do setor residencial por energético (em mil MWh)	195
Tabela 37: Projeção do Consumo de Energia por Setor (mil MWh)	195
Tabela 38: Projeção de Consumo de Energia Elétrica por Setor (mil MWh)	195
Tabela 39: Expectativa de Exportação de Energia Elétrica por Cenário em GWh ...	196
Tabela 40: Parâmetro da Simulação das carteiras formadas variando o atendimento a carga para maximizar o PER	220

Tabela 41: Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER para maximizar o retorno.....	222
Tabela 42: Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER maximizando o PER.....	223

Lista de Siglas

ACC – Avaliação dos Custos Completos
ADCC – Avaliação Determinística dos Custos Completos
AHCC – Avaliação Holística dos Custos Completos
CESP – Companhia de Energia de São Paulo
DL – Software: Decision Lens
DNAE – Departamento Nacional de Águas e Energia
FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
FRC - Fator de recuperação do Capital
GEPEA - Grupo de Energia do departamento de Engenharia de Energia da EPUSP
GLD – Gerenciamento do Lado da Demanda
IDH - Índice de desenvolvimento humano
IDHM – Índice de desenvolvimento Municipal
IPRS - Índice Paulista de Responsabilidade Social
LEAP – Software: Sistema de Planejamento de longo Prazo de Alternativas Energéticas
PAH – Processo de Análise Hierárquica
PEA – Departamento de Engenharia e de Energia e Automação Elétricas
PET – Planejamento Energético Tradicional
PIR – Planejamento Integrado dos Recursos
PML- Preço Médio de Leilões de Energia Elétrica
PF- Projeto de Formatura
pH – Índice de acidez da água
RA- Restrições Ambientais
RELOS – Recursos Energéticos do Lado da Oferta
RELDS – Recursos Energéticos do Lado da Demanda
RP- Restrições Políticas
RS – Restrições Sociais
RTE – Restrições Técnico-Econômicas
SIN – Sistema Interligado Nacional
TER – Tecnologias de Energias Renováveis
TMA - Taxa de Media de Atratividade

VAF – Valor Adicionado Fiscal

USP – Universidade de São Paulo

VBA – Visual Basic Avançado

Sumário

FICHA CATALOGRÁFICA	2
DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE SIGLAS	13
SUMÁRIO.....	15
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	21
1.2 OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA.....	25
1.2.1 Objetivos Específicos	25
1.3 ETAPAS DE TRABALHO DA PESQUISA	26
1.3.1 Estrutura da Tese.....	28
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	30
2.1 HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO PIR NO MUNDO E PLANEJAMENTO NO BRASIL	34
2.1.1 História da Evolução do PIR no Mundo.....	34
2.1.2 História da Evolução do Planejamento Elétrico no Brasil	36
2.2 O CONCEITO DO PLANEJAMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS (PIR)	
.....	38
2.3 ESTADO DA ARTE DO PIR	42
2.4 BARREIRAS E OBSTÁCULOS INERENTES AO PIR	43
2.4.1 Dificuldades Inerentes ao PIR nos Países Desenvolvidos.	44
2.4.2 Dificuldades Inerentes ao PIR nos Países em Desenvolvimento.	45
2.4.3 Mudanças de Premissas no Planejamento Tradicional.	48
2.5 INTRODUÇÃO À TEORIA DE CARTEIRAS.....	49
2.5.1 Incertezas e Riscos na Composição e Seleção de Carteiras no Contexto	
do PIR	51
2.6 POLÍTICA DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS DE CARTEIRAS NO HORIZONTE DE	
PLANEJAMENTO	55
3 METODOLOGIA	58
3.1 DEFINIÇÃO DO MODELO DE COMPOSIÇÃO DE CARTEIRAS	60
3.1.1 Modelo em Diagrama	60
3.1.1.1 Definição do Universo de Estudo (Região ou País).....	61
3.1.1.2 Dados Demográficos	61
3.1.1.3 Dados sobre o Setor Industrial.....	61
3.1.1.4 Suprimento de Energia: Geração.....	62
3.1.1.5 Transmissão e Distribuição.....	62
3.1.1.6 Usos Finais	63
3.1.1.7 Consumo e Preços de Energia	63
3.1.1.8 Regulamentação e Modelo do Setor.....	63
3.1.1.9 Meio Ambiente e Participação da Sociedade	63
3.1.1.10 Dificuldades, Riscos e Incertezas no Setor de Energia	64
3.1.1.11 Participação dos Envolvidos-Interessados	64
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO ESTUDO.....	64

3.2.1	Caracterização dos Recursos Energéticos e Tecnologias	65
3.2.1.1	Caracterização dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta	65
3.2.1.2	Caracterização das Tecnologias dos Recursos do Lado da Oferta	65
3.2.1.3	Caracterização dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda	67
3.2.1.4	Caracterização das Tecnologias do Lado da Demanda	67
3.3	AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS DE RECURSOS ENERGÉTICOS DO LADO DA OFERTA (RELO) E DO LADO DA DEMANDA (RELD)	68
3.3.1	Avaliação dos Potenciais dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta	68
3.3.2	Avaliação dos Potenciais de Recursos Energéticos do Lado da Demanda	69
3.4	DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS PARA VALORAÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DO LADO DA OFERTA E DA DEMANDA	69
3.4.1	Determinação dos Atributos para Valoração dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta	69
3.4.1.1	Atributos da Dimensão Técnico-Econômica	70
3.4.1.2	Atributos da Dimensão Ambiental	73
3.4.1.2.1	Meio Terrestre	73
3.4.1.2.2	Atributo Meio Aquático	75
3.4.1.2.3	Atributo Meio Aéreo	76
3.4.1.3	Atributos da Dimensão Social	78
3.4.2	Determinação dos Atributos de Valoração dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda	81
3.5	NORMALIZAÇÃO (ACC DETERMINÍSTICA)	82
3.6	EN-IN (ENVOLVIDOS E INTERESSADOS)	82
3.6.1	Determinação dos Recursos Analisados pelos En-In	82
3.6.2	Determinação dos Critérios de Análise	83
3.6.3	Elaboração e Aplicação de Questionários Junto aos En-In	83
3.6.4	Aplicação do Processo Analítico Hierárquico (PAH) para Ordenação dos recursos	83
3.6.5	Formação do Ranking Geral dos Recursos Energéticos	84
3.7	INVENTÁRIO AMBIENTAL	84
3.7.1	Inventário do Meio Aéreo	84
3.7.2	Inventário do Meio Terrestre	85
3.7.3	Inventário do Meio Aquático	85
3.7.4	Inventário do Meio Antrópico	86
3.8	MAPEAMENTO LOCAL	86
3.8.1	Mapeamento Aéreo	87
3.8.2	Mapeamento Terrestre	88
3.8.3	Mapeamento Aquático	88
3.8.4	Mapeamento Antrópico	89
3.9	CENÁRIOS	89
3.9.1	Balanço Energético	90
3.9.2	Construção de Cenários e Previsões de Demanda	90
3.9.3	Cenário Tendencial ou Cenário de Base	91
3.9.4	Cenário Sustentável	93
3.9.5	Cenário Otimista	94
3.10	PREVISÃO DE DEMANDA	94
3.11	CARTEIRAS DOS RECURSOS ENERGÉTICOS	96
3.11.1	Integração dos Recursos Energéticos	96
3.11.2	Definição dos Parâmetros do Mercado	97

3.11.3	Fixação do Ranking do Recurso	97
3.12	MODELO MATEMÁTICO PARA INTEGRAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DA CARTEIRA.....	97
3.12.1	Objetivo do Modelo	98
3.12.2	Variáveis de Decisão	98
3.12.3	Função Objetivo	99
3.12.4	Restrições do Modelo	104
3.12.5	Formação de Carteiras dos Recursos Energéticos.....	108
3.12.6	Simulação de Carteira dos Recursos Energéticos.....	109
3.13	REDEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MERCADO E RANKING	109
3.14	ANÁLISE DE RISCO E INCERTEZAS	109
3.15	PLANO PREFERENCIAL	112
3.16	PLANO DE AÇÃO	112
3.17	MONITORAMENTO	112
4	ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO MODELO	113
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE ARAÇATUBA.....	113
4.1.1	DEMOGRAFIA	113
4.1.2	Os MUNICÍPIOS	113
4.1.3	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	114
4.2	SOCIOECONOMIA REGIONAL.....	116
4.2.1	Infraestruturas	117
4.2.2	Agricultura Regional	118
4.2.3	Recursos Hídricos	119
4.2.4	Indústria.....	120
4.2.5	Comércio	121
4.2.6	Produção de Energia na RAA	121
4.2.7	Inventário Ambiental na RAA	122
4.2.8	Consumo de Energia e dos Energéticos na RAA	122
4.3	AValiação DOS POTENCIAIS DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DA RAA.....	122
4.3.1	Valoração dos Recursos de Oferta e Demanda na RAA.....	124
4.3.2	Cômputo e Valoração Completa dos Potenciais (CVCP) dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta da RAA	125
4.3.3	Cômputo e Valoração Completa dos Potenciais (CVCP) dos Recursos de Energéticos de Demanda da RAA	127
4.4	RANQUEAMENTO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DA RAA.....	128
4.4.1	Avaliação Determinística dos Custos Completos (ADCC).....	129
4.4.2	Avaliação Holística dos Custos Completos (AHCC).....	130
4.4.3	Ranking Geral dos Recursos Energéticos da RAA.....	133
4.5	INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DA RAA.....	133
4.5.1	Construção de Cenários.....	134
4.5.2	Previsão de Demanda	137
4.6	GERAÇÃO DE OPÇÕES DE CARTEIRAS PARA RAA.....	139
4.6.1	Modelo Matemático para Otimização de Carteiras.....	139
4.6.2	Dados de Entrada.....	143
4.6.3	Análise dos Resultados	146
4.6.4	Proposta do Plano Preferencial para RAA	151
4.6.5	Plano de Ação	151
5.	CONCLUSÕES	152
5.1	CONSIDERAÇÕES	152
5.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	155
5.3	PERSPECTIVA DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	157

5.4 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	158
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
ANEXOS	173
ANEXO 1: DADOS SOCIOECONÔMICOS DA RAA	173
ANEXO 2: MODELO DE QUESTIONÁRIO DA ACC COM OS EN-IN	179
ANEXO 3: VALORAÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DA RAA.....	183
ANEXO 4: CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS - ANO BASE PARA A REGIÃO ADMINISTRATIVA DE ARAÇATUBA	190
Setor Residencial	192
Setor Comercial	193
Setor Industrial	194
Setor Agrícola	194
Exportação Energética	195
Resultados: Previsão de Demanda- Cenário Tendencial.....	195
ANEXO 5: PLANILHAS DAS CARTEIRAS SIMULADAS.....	197
FORMAÇÃO DAS CARTEIRAS VARIANDO O PER PARA UMA CARGA ATENDIDA FIXA	197
PARÂMETRO DA SIMULAÇÃO DAS CARTEIRAS FORMADAS VARIANDO O ATENDIMENTO A CARGA PARA MAXIMIZAR O PER	219
PARÂMETRO DA SIMULAÇÃO DAS CARTEIRAS FORMADAS VARIANDO O PER PARA MAXIMIZAR O RETORNO	221
PARÂMETRO DA SIMULAÇÃO DAS CARTEIRAS FORMADAS VARIANDO O PER MAXIMIZANDO O PER	223

1 Introdução

O processo de Planejamento Integrado de Recursos (PIR) já foi abordado por uma vasta literatura de cunho técnico principalmente nos trabalhos do Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automações Elétricas da USP (GEPEA). Portanto, neste trabalho o principal foco não será repetir essas abordagens, mas sim fazer uma análise introdutória sobre o tema, antes de entrar em definir o processo de composição e seleção das carteiras de recursos energéticos, sendo este um universo um pouco mais restrito, quando se avalia o processo do PIR de uma forma geral.

Sem dúvida nenhuma, nos dias de hoje, a energia elétrica se tornou um elemento indispensável para o dia-a-dia e para o desenvolvimento da sociedade moderna, sendo toda a atividade humana, inclusive, cada vez mais dependente do uso da energia. Depende-se de energia para transporte, para cocção, para o funcionamento dos utensílios domésticos (geladeiras, microondas, microcomputadores, ferro de passar, dentre outros), para produção industrial, etc. Tal grau de dependência, associado à limitação dos recursos potencialmente utilizáveis para geração, termina por exigir da sociedade moderna alguns cuidados. Isso levou os profissionais e a comunidade científica em geral, a pensar em como solucionar os problemas que hão de se apresentar no futuro em relação à falta dos recursos energéticos. Desde então, começou-se a pensar em Planejamento Energético, que teve o seu início com os modelos denominados modelos de Planejamento Tradicional¹. Estes modelos, elaborados há algumas décadas, desde o começo das primeiras crises de petróleo, mostraram que ainda não respondem por completo às questões e desafios colocados perante a indústria de energia, estando longe de representar a futura realidade para solução destes problemas. Portanto, chegou-se à conclusão de que seria necessário o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes, que possam simular o processo da evolução da indústria energética e da demanda crescente em todos os países do mundo, principalmente nos mais industrializados. Além disso, com o crescimento da produção industrial e a conseqüente incorporação de um uso mais intensivo de energia elétrica, estão

¹ Centro de Memória da Eletricidade no Brasil: Panorama do Setor de Energia Elétrica no Brasil, Rio de Janeiro, 1988.

surgindo cada vez mais problemas relacionados ao meio ambiente, refletindo assim negativamente na sociedade como um todo através do aumento dos problemas de saúde pública e da incidência de catástrofes naturais, o que hoje é tratado nas literaturas técnicas como efeito estufa, que é o resultado das emissões dos gases oriundos dos processos da produção industrial, além das outras atividades humanas, como por exemplo, a extração das madeiras, desmatamento das florestas para campos de pastagem, dentre outras. Por outro lado, devido à escassez cada vez maior dos recursos energéticos, além das novas limitações legais de utilização de determinados recursos por conta do seu grau de poluição, surge a questão da segurança energética.

Todos estes fatos aumentaram a preocupação da sociedade moderna em preservar o meio ambiente, em criar mecanismos que permitam a redução de elementos nocivos ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que permitam a satisfação das necessidades energéticas ao nível mundial. Essa necessidade de atingir tais objetivos provocou notáveis mudanças no pensamento sobre o conceito de planejamento energético. Se antes o fator determinante era o econômico, hoje existe a preocupação pela segurança energética. Os elementos políticos, sociais e ambientais são necessários para a promoção da segurança energética, portanto do desenvolvimento sustentável.

Deste modo, para que isso se torne uma realidade, ou seja, para que possa obter-se um modelo razoavelmente completo no sentido de congregarmos mais elementos no estudo do processo de produção de energia elétrica, foi-se aprimorando os modelos de Planejamento Energético Tradicional (PET), procurando computar mais informações nestes modelos em estudo, o que resultou no chamado Planejamento Integrado dos Recursos energéticos (PIR). É neste processo que se insere este projeto de pesquisa, com objetivo de dar continuidade a estes estudos e de certa forma contribuir para o desenvolvimento do PIR no que diz respeito (i) à modelagem das carteiras dos recursos energéticos; (ii) análise das incertezas inerentes ao aproveitamento dos recursos para geração de energia elétrica, (iii) análise dos possíveis riscos em relação aos investimentos, além da (iv) realização de uma avaliação profunda das dificuldades e obstáculos que possam surgir durante o processo de sua implementação numa região ou num país. É evidente que haverá grandes dificuldades e obstáculos neste processo, dependendo do local, das

condições financeiras, do modelo político, dos hábitos culturais locais, da atual situação socioeconômica da região.

Estes elementos constituem objeto de discussão deste trabalho. Pois, modelando antecipadamente estas variáveis e criando várias opções de carteiras de recursos e várias possibilidades de investimentos, sempre buscando o menor custo possível, a segurança energética e a sustentabilidade, torna-se o processo de planejamento energético mais seguro e confiável, além de proporcionar a diversificação no uso dos recursos energéticos, o desenvolvimento de novas tecnologias, o aumento do grau de segurança energética, menores riscos de desabastecimento e, finalmente, introduzir a nova cultura e hábitos na utilização de energia elétrica. Tudo isso obriga os especialistas em Planejamento Energético, a definir novos objetivos a serem atingidos para ir ao encontro das exigências do atual paradigma. São fatos desafiantes e que motivaram esta pesquisa.

1.1 Motivação e Justificativa da Pesquisa

Uma das justificativas e motivação para esta pesquisa são as constantes mudanças nos modelos do desenvolvimento da indústria energética, na estrutura de comercialização dos recursos energéticos, variações dos preços dos energéticos em conformidade com a situação econômica dos países, sejam eles desenvolvidos ou em desenvolvimento. Essas mudanças exigem novos modelos de planejamento que incorporem uma análise multi-variável. Também a questão da segurança tem-se tornado um fator preponderante na mudança dos conceitos de planejamento energético, resultado da escassez de recursos energéticos tradicionais, principalmente os derivados do petróleo.

Outro elemento importante, que justifica e motiva este estudo, se caracteriza pelas mudanças climáticas, que têm forçado os planejadores do setor de energia, as empresas ou indústrias, os governos, a questionar seriamente os efeitos poluidores, até certo ponto levando à renúncia parcial do seu uso ou à caminho da sua total extinção devido ao alto risco que representa para a sociedade, em alguns países da matriz energética. Por exemplo, a Alemanha enfrenta a forte pressão social para

desativar as usinas nucleares e introduzir recursos renováveis de geração de energia².

A distribuição geográfica dos recursos energéticos em diferentes países também suscita a análise de como aproveitar os recursos existentes localmente para reduzir a dependência dos seus sistemas energéticos em recursos convencionais. Em muitos países boa parte destes recursos é importada, como nos casos de Japão, a China e vários outros, obrigados a diversificar sua matriz energética para aumentar a segurança de abastecimento de energia em suas atividades econômicas e para a sociedade em geral.

Outra razão que motivou a realização deste estudo é o atual papel da energia na sociedade moderna. A dependência total da sociedade em energia transforma-a em uma commodity de grande importância nos mercados interno e externo. Esta visão vai além da consideração da energia como recurso para o desenvolvimento industrial e a satisfação de serviços da sociedade.

É importante lembrar que o setor de energia, antes monopólio exclusivo dos governos, hoje tem grande participação dos atores econômicos privados devido à limitação dos atuais governos em investir em grandes projetos de energia, cada vez mais frequentes, em função do crescimento econômico e do consumo de energia.

Para incentivar os investimentos privados e proporcionar a diversificação da matriz energética local é necessário criar mecanismos que facilitem as negociações entre estes atores. Neste contexto, o estudo de carteiras dentro do PIR pode auxiliar os tomadores de decisões na escolha dos projetos de investimentos do setor elétrico e facilitar na negociação e na captação dos recursos financeiros dos investidores por incorporar a diversificação dos investimentos e a redução dos riscos sobre os recursos da região em estudo.

O estudo de carteiras de recursos energéticos, além de permitir a diversificação da matriz energética, auxilia na previsão dos fatores dificultadores do processo de implementação do PIR, através do monitoramento constante das diferentes opções, apontando os caminhos para contornar os problemas, sem afetar os objetivos propostos.

Uma carteira possibilita visualizar melhor qual a decisão a tomar em relação à forte expansão do atual parque de geração, a introdução imediata de novos recursos

² Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Environment Policy, Berlin, 2004. Disponível em: < www.bmu.de > Acesso em: maio de 2006.

energéticos, avaliação antecipada de problemas ambientais, flexibilização à introdução de mudanças no sistema de regulação e a redução de níveis de conflitos de interesses no processo de reforma das antigas legislações para atender o processo de implementação do PIR, devido à diversificação dos recursos, principalmente nos países desenvolvidos.

Nestes países, a construção de opções de carteiras de recursos energéticos vai permitir também contornar alguns obstáculos tais como dificuldades financeiras, de acesso a determinadas tecnologias, e pode orientar a adoção de políticas adequadas de investimentos no setor de energia, aumentando a capacidade de geração sem grandes riscos.

Portanto, com o intuito de dar a continuidade aos trabalhos de pesquisa sobre o PIR, chegou-se à idéia de desenvolver este projeto de pesquisa, cujo objetivo é trazer uma contribuição para a criação de uma modelagem de carteira de recursos energéticos dentro do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR). Este vem sendo discutido e mencionado em quase todos os trabalhos desenvolvidos, ainda que sem uma metodologia clara para a sua criação.

Segundo a metodologia do PIR, devem-se compor carteiras de recursos, cujo objetivo principal é de gerenciamento prévio dos riscos e benefícios, permitindo a escolha da melhor alternativa com os melhores benefícios, menores custos e riscos, de forma a garantir a disponibilidade energética, [Udaeta, 1997].

Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é fazer a modelagem dos elementos envolvidos na composição de qualquer carteira de recursos energéticos, considerando todas as etapas exigidas dentro deste processo.

Outra motivação deste projeto está ligada ao fato de que o Planejamento Tradicional, especificamente no setor elétrico, não tem sido eficaz no tratamento de certas questões como: sociais, ambientais e políticas, tratando elementos como subjacentes anexos ao processo de planejamento e pouco influentes no processo decisório de escolha e alocação das alternativas energéticas e tecnológicas. Com o transcurso do tempo no médio e no longo prazos, começam se evidenciar os efeitos negativos nas decisões anteriormente tomadas.

Por outro lado, deseja-se desenvolver um modelo, que, de alguma forma mais específica, forneça as ferramentas de avaliação do Suprimento e do Gerenciamento do Lado de Demanda (GLD), permitindo realizar a avaliação das incertezas associadas com as características econômicas e físicas do sistema, dos riscos da

exeqüibilidade do uso do potencial energético local ou regional de uma maneira mais hábil e que facilite na elaboração do Plano Preferencial, ainda na fase da composição de uma carteira de recursos energéticos.

Pretende-se ainda buscar a consolidação da participação dos interessados e envolvidos em projetos relacionados às carteiras compostas para implementação no processo de PIR.

O modelo desenvolvido deverá assimilar um conjunto de elementos, tais como: disponibilidade de recursos, custos, o tempo da vida útil, o tempo de implementação, quantidade de emissões de cada recurso que entra na matriz energética em proporção ao seu potencial a ser utilizado, prioridades de desenvolvimento de recursos, bem como critérios para tomada de decisão na aquisição destes recursos.

O modelo foi testado durante processo de estudo acadêmico do PIR na Região Administrativa de Araçatuba, buscando com isso identificar às necessidades ou expectativas estratégicas desta Região, capacitando a equipe parceira a elaborar planos de negócios em recursos distribuídos localmente, nos municípios e em nível regional, avaliar o potencial econômico desses recursos e apontar alguns possíveis projetos estratégicos para o seu desenvolvimento.

Serão sugeridas estratégias, através do Plano de Ação, para a formulação de políticas de uso dos recursos que integram as carteiras compostas através do modelo projetado, visando incorporar novas tecnologias para a diversificação da matriz energética da Região de Araçatuba, postergar obras de expansão do parque de geração na Região, de linhas de distribuição e de transmissão de energia elétrica, incluindo o gerenciamento de demanda, sempre atendendo a requisitos ambientais e às possibilidades de integração com outras políticas sociais dentro da Região e ao nível dos municípios.

Para a maturação destas idéias, foi feito um estudo bibliográfico detalhado e multidisciplinar que permitiu a definição do marco teórico e elaboração do modelo para a modelagem da carteira dos recursos energéticos, que é o foco de discussão deste trabalho de pesquisa. Antes de tudo, foi levantado o atual estado da arte do processo do PIR, identificados os elementos que pudessem levar às respostas precisas em relação às questões ambientais, sociais, políticas ou econômicas, no atual contexto da indústria energética e mediante as exigências da sociedade civil como um todo.

1.2 Objetivos Gerais da Pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa que culminou na elaboração desta tese, teve os seguintes objetivos gerais e específicos:

- a. Propor uma metodologia de modelagem das carteiras de recursos energéticos dentro do processo de Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR).
- b. Estipular as premissas para a formação, seleção e avaliação da carteira, isto é, um conjunto dos recursos energéticos orientado à obtenção do menor risco, minimização de incertezas, menor custo possível e que satisfaça a demanda de energia numa determinada região ou país.
- c. Desenvolver o modelo com vista à complementação das outras metodologias já desenvolvidas nesta área de pesquisa, tais como a do PIR (Planejamento Integrado dos Recursos) (Udaeta, 1998), a do RELOS (Recursos do Lado da Oferta) (Fujii, 2007), a do RELDS (Recursos do Lado da Demanda) (Baitelo, 2006), e a ACC (Avaliação dos Custos Completos), (Carvalho, 2000; Boarati, 1998; e Cicone, 2008), a de Integração dos Recursos (Gimenes, 2004), de forma a permitir a expansão e o aperfeiçoamento dos processos de análise para estudo da disponibilização da energia sob aspectos que, às vezes, fogem das considerações de ordem técnico-econômica dos planejadores.

Além destes objetivos gerais, o propósito deste trabalho também é atingir todos os objetivos específicos descritos a seguir.

1.2.1 Objetivos Específicos

No desenvolvimento deste projeto procurou-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Definição do marco teórico para o modelo de estudo das carteiras dos recursos energéticos.
- Estabelecer os critérios para a composição e seleção das carteiras dos recursos energéticos.

- Fazer a identificação dos fatores determinantes na seleção e composição da carteira dos recursos energéticos, considerando o novo ambiente do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR).
- Modelar a carteira no ambiente do PIR.
- Verificar os impactos dessa abordagem dentro do processo do PIR em seus vários níveis.
- Aplicar o modelo desenvolvido para a composição da carteira dos recursos energéticos para o PIR da Região Administrativa de Araçatuba como teste de validação.
- Analisar os resultados obtidos após teste de validação para verificação da consistência do modelo desenvolvido.
- Propor as opções de carteiras dos recursos energéticos dentro da Região Administrativa de Araçatuba.
- Avaliar os custos destas opções para apoiar na formulação dos planos de ação.
- Aplicar os modelos de análise dos riscos e incertezas para a otimização e alocação financeira destes recursos, assim definindo a carteira.
- Elaborar caderno de sugestões através dos resultados obtidos para o desenvolvimento futuro do estudo de carteiras dos recursos energéticos.

1.3 Etapas de Trabalho da Pesquisa

O plano de desenvolvimento das atividades para o trabalho da pesquisa envolveu as seguintes etapas:

Etapas 1 - Pesquisa bibliográfica: Resulta na busca pela definição do marco teórico sobre o assunto em estudo, para balizar o trabalho no seu âmbito de atuação do desenvolvimento regional;

Etapas 2 - Estudo Teórico: Estudo aprofundado sobre a problemática que envolve uma carteira de recursos energéticos;

Etapas 3 - Caracterização de todos os recursos: caracterizam-se todos os recursos possíveis ao PIR e que possam fazer parte na composição de uma carteira;

Etapa 4: Caracterização de todas as tecnologias disponíveis ao nível mundial e nacional para o aproveitamento dos recursos caracterizados na etapa anterior;

Etapa 5: Determinação de todos os atributos mais relevantes ao escopo proposto: Esse item aponta para os elementos de análise a serem considerados na composição da carteira dos recursos energéticos, procurando a caracterização detalhada do assunto, segundo campo técnico, social, político, econômico e ambiental relacionados a cada tipo do recurso e tecnologia, que virão fazer parte de uma determinada carteira;

Etapa 6: Proposição de análise multi-objetivos da carteira: Condiciona, primeiramente, o encaminhamento para um modelo de conceituação para a integração, composição, avaliação e seleção da carteira em pequeno porte, através de critérios de consideração de custos completos (técnicos, econômicos, ambientais, políticos e sociais) para fundamentar sua inserção no processo do PIR;

Etapa 7: Elaboração do modelo: Sistematização de todas as informações, esquematizadas e organizadas num só modelo pelos critérios previamente definidos;

Etapa 8: Teste de validação do modelo na Região Administrativa de Araçatuba: feitas viagens para coleta de dados no local do estudo de caso para validação do modelo;

Etapa 9: O mapeamento regional: caracterização do local, levantamento dos dados sociais, dos recursos existentes, das tecnologias até então utilizadas, da demanda em energia, dos parâmetros ambientais, dados sobre atividades econômicas, etc;

Etapa 10: Definição dos atributos consistentes dos recursos energéticos mais aplicáveis no local em estudo;

Etapa 11: Valoração dos Recursos energéticos (RELOS e RELDS) selecionados para construção das carteiras;

Etapa 12: Determinação do Ranking Determinístico dos recursos energéticos;

Etapa 13: Determinação do Ranking Holístico dos recursos energéticos

Etapa 14: Determinação do Ranking Geral dos recursos energéticos (cruzamento do ranking determinístico e holístico);

Etapa 15: Construção dos Cenários para previsão das demandas em todo horizonte de planejamento definido para construção de carteiras;

Etapa 16: Previsão de demandas ao longo do período de planejamento escolhido (30 anos) do local em estudo;

Etapa 17: Desenvolvimento do modelo matemático para simulação das carteiras

Etapa 18: Simulações e a composição da carteira diferenciada através do modelo desenvolvido para o estudo de caso;

Etapa 19 - Avaliação das incertezas e Riscos para o caso em estudo;

Etapa 20: Discussão sobre os resultados obtidos;

Etapa 21: Alocação temporal e geográfica dos recursos para o Plano Preferencial do estudo de caso através da priorização dos recursos da carteira através do modelo desenvolvido;

Etapa 22: Estudo profundo das sugestões e considerações dos envolvidos e interessados dos órgãos governamentais e instituições locais do estudo de caso;

Etapa 23: Confeção da tese e elaboração de um caderno de sugestões dos possíveis projetos estratégicos estudados pelo modelo desenvolvido.

1.3.1 Estrutura da Tese

O trabalho da tese está organizado em capítulos que abordam as atividades e os resultados da pesquisa, que são os seguintes:

Capítulo 1: A parte introdutória, os objetivos da pesquisa, justificativa e estrutura do trabalho.

Capítulo 2: Neste capítulo é feita a revisão bibliográfica dos conceitos teóricos aplicados para elaboração da metodologia. Abordados os conceitos do Planejamento Integrado dos Recursos, atual estado da arte, as necessidades de composição de carteiras no processo do PIR, conceitos teóricos sobre a construção e seleção de carteira.

Capítulo 3: Metodologia: Definição do modelo para a construção da carteira dos recursos energéticos e descrição do modelo. Neste capítulo descrevem-se os elementos que estão incorporados nos blocos: definição do universo de estudo, elementos a considerar na caracterização do local, que inclui as informações socioeconômicas, culturais, ambientais e políticas. Em outro bloco descreve-se a metodologia para caracterização dos recursos tanto do lado da oferta como do lado da demanda, caracterização das tecnologias existentes e novas no local e no

mercado; definição dos atributos para as quatro dimensões do PIR para os recursos (oferta e demanda), valoração dos recursos (oferta e demanda) e, finalmente, o processo de otimização dos recursos financeiros para definição da carteira dos recursos ao longo do horizonte de planejamento.

Capítulo 4: Estudo de Caso: mapeamento da região, descrição do processo de composição da carteira dos recursos energéticos (do lado da oferta e do lado da demanda) para a região através do modelo desenvolvido; ranqueamento dos recursos (DL); a construção dos cenários usando a ferramenta LEAP; análise de riscos e incertezas para carteira pré-selecionada, análise dos resultados e, finalmente, a escolha da carteira preferencial e construção do Plano Preferencial.

Capítulo 5: Conclusões sobre Aplicabilidade do modelo; sugestões e as perspectivas para o futuro desenvolvimento do estudo sobre a carteira de recursos energéticos.

Referências Bibliográficas: são apresentadas as bibliografias

Anexos: apresentados os dados sobre a região do estudo do caso, resultados da valoração, planilhas de simulações das carteiras.

2 Revisão Bibliográfica

O início dos estudos sobre o Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos no GEPEA deu-se com o desenvolvimento do projeto de pesquisa de doutorado: “Planejamento Integrado dos Recursos – PIR- Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável)”, [Udaeta, 1997]. Foi neste trabalho que se desenvolveu toda a base teórica e filosófica para formulação do processo do PIR. Além dos conceitos teóricos sobre o Planejamento Integrado dos Recursos foram incorporadas no estudo, além da dimensão técnico-econômica tradicional considera, as dimensões ambiental, política e social. Posteriormente, fez-se ensaios iniciais da aplicação destas formulações na Região do Médio Paranapanema, (Oficina de PIR Paranapanema, 2000).

Em 1996, antes da conclusão da tese do doutorado acima mencionada, foi publicado um trabalho pelo GEPEA intitulado “Fundamentos para o Planejamento Integrado de Recursos numa Região do Governo do Estado de São Paulo apontando a energia Elétrica”, [Galvão e Udaeta, 1996].

Com o investimento cada vez maior dos esforços para aperfeiçoar os métodos e aprofundar os assuntos relacionados ao Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos, chegou-se a desenvolver o projeto de pesquisa denominado “Modelo de Integração de Recursos Energéticos como Instrumento para Planejamento Energético Sustentável”, [Gimenes, 2004], que resultou numa tese de doutorado. Neste trabalho foi proposto um modelo de integração de recursos energéticos e uma metodologia para o tratamento dos elementos do PIR chamada de método de Avaliação dos Custos Completos (ACC), (Boarati, 1998). Este método revolucionou o processo do PIR, permitindo fazer avaliação dos atributos incorporados nas quatro dimensões consideradas no PIR.

O Modelo de Avaliação de Custos Completos (ACC) permite fazer avaliação de diferentes alternativas considerando-se com pesos iguais os critérios Econômicos, Social, Político e Ambiental. É um meio pelo qual as considerações ambientais e sociais podem ser incorporadas as decisões de um determinado negócio. Ele incorpora custos ambientais, sociais, custos internos com dados de impactos externos e custos/benefícios de atividades sobre o meio ambiente e na

saúde humana. Portanto, trata-se de uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisão [Gimenes, 2004].

Em 2005 foi apresentada uma tese de doutorado, cujo tema é “Desenvolvimento de Procedimentos e Métodos para Mensuração e Incorporação das Externalidades em Projetos de Energia Elétrica: Uma Aplicação às Linhas de Transmissão Aéreas” [Carvalho, 2005]. Neste trabalho são apresentadas as bases conceituais e práticas de uma metodologia para mensuração dos elementos sócio-ambientais nos projetos de energia elétrica, com ênfase às externalidades, facilitando a inserção destes parâmetros no método de Avaliação dos Custos Completos (ACC).

Em 2005 desenvolveu-se outro projeto, intitulado “Análise Multidimensional do Modelo de Integração de Recursos Energéticos: Aplicação da Tecnologia OLAP” [Azevedo, 2005]. Neste estudo tratou-se do processo de sistematização dos dados, tendo como foco central o processo de Integração dos recursos energéticos. Após a sistematização dos dados fez-se a descrição completa da tecnologia OLAP e demonstrou-se como esta se adapta ao ambiente do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR).

Como o PIR (Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos) não faz só avaliação dos Recursos do lado da Oferta (ou Gerenciamento do Lado da Oferta-GLO), mas também do lado da demanda - GLD (o Gerenciamento do Lado da Demanda), foram desenvolvidos projetos específicos para um estudo detalhado destes recursos e para criação dos seus modelos, resultando em dissertações de mestrado [Baitelo, 2006] e [Fujii, 2006].

O modelo de Gerenciamento do Lado de Oferta (GLO) busca identificar como alternativas todas as possibilidades de suprimento potencialmente disponíveis, incluindo novas tecnologias e novas abordagens de gestão dos recursos (Gerenciamento do lado da oferta - GLO). A metodologia adotada para o modelo é de iniciar o processo com o levantamento das informações ligadas aos recursos energéticos de um determinado espaço geográfico. No passo seguinte faz-se a pré-seleção, em que se descartam aqueles que se apresentam claramente inferiores às outras, e finalmente, procede-se com o processo de integração destes recursos [Fujii, 2006]. Por outro lado, este procura avaliar todos os elementos relacionados aos aspectos não apenas técnico-econômicos, mas também os impactos sociais, políticos e ambientais, que alternativas podem causar no futuro os impactos

negativos ou positivos no ambiente e na sociedade, avaliando deste modo, cada atributo destes aspectos.

No trabalho de mestrado de Baitelo (2006), criou-se um modelo, que permite fazer avaliação completa dos recursos do lado da demanda, visando à postergação dos investimentos na geração elétrica. Também se avançou na avaliação dos recursos de usos finais do consumo de energia elétrica, sem deixar de tratar dos aspectos técnico-econômicos, ambientais, sociais e políticos destes recursos.

O modelo de Gerenciamento do Lado de Demanda (GLD) faz análise de Recursos do Lado da Demanda a partir de sua caracterização e avaliação, considera os diversos custos e benefícios de alternativas energéticas de demanda nas dimensões social, política, ambiental e técnico-econômica, permitindo, no processo de planejamento, uma avaliação de viabilidade menos restrita e mais condizente com o paradigma atual e com tendências de desenvolvimento limpo e sustentável. Para isso é necessário o levantamento e o estudo dos recursos e tecnologias que, em uma determinada época, podem ser viáveis de aproveitamento e realização, [Baitelo, 2006].

Ao longo deste período, além destes trabalhos acima destacados, foram desenvolvidos trabalhos que se transformaram em artigos para participação em congressos nacionais e internacionais, seminários nacionais e internacionais, assim como para publicação em revistas nacionais e internacionais.

Também foi feito o levantamento bibliográfico das pesquisas relacionadas ao tema dos grupos fora do GEPEA, principalmente os trabalhos do grupo da UNICAMP, que em 1997 publicaram o livro intitulado “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis” de autoria de Gilberto M. Jannuzzi e Joel N. P. Swisher. Neste abordam os temas mais atuais do planejamento energético tais como: questões ambientais, sociais e técnico-econômicas.

Com o intuito de dar a continuidade a estes trabalhos chegou-se a idéia de desenvolver um projeto de pesquisa que resultou nesta tese de doutorado, cujo objetivo é de criar um modelo que permitirá fazer uma modelagem da carteira dos recursos energéticos dentro do processo do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR). Esta modelagem vem sendo discutida e mencionada em quase todos os trabalhos desenvolvidos, ainda que sem uma metodologia clara para a criação da carteira de uma dos recursos energéticos.

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, além da literatura relacionada aos conceitos do PIR, procurou-se aprofundar nos estudos bibliográficos sobre os métodos de avaliação dos potenciais dos recursos energéticos de oferta (hídricos, biomassa, solar, eólicas, entre outros) e recursos energéticos de demanda. Por outro lado, pesquisou-se literaturas que trazem informações técnicas (características construtivas e operacionais) sobre as mais variadas tecnologias, seja ao nível nacional como internacional, para o aproveitamento dos recursos energéticos [Udaeta e Biague: RTC- Caracterização dos Recursos do Lado da Oferta, 2006] e [Udaeta e Biague: RTC- Caracterização dos Recursos do Lado da Demanda, 2007].

Fez-se, também, o estudo bibliográfico sobre o mercado de energia, os custos das tecnologias e de energia [EPE, 2005 e Royal Academy, 2004].

Participou-se nas oficinas na Região de estudo de caso com objetivo de levantar as opiniões dos interessados e envolvidos no processo do PIR [FAPESP: RTC- Oficinas, 2009].

Após estes estudos, foi estudado a metodologia do Processo de Análise Hierárquica que serviu de apoio na elaboração do ranking dos recursos energéticos posteriormente utilizados na formação de carteiras (PAH), [Saaty, 1991], [Cicone, 2008], [Reinig, 2009].

Em seguida, estudou-se os conceitos teóricos sobre as carteiras para definição do marco teórico [Markowitz, 1952]. Este autor foi o pioneiro na criação da teoria das carteiras para o mercado financeiro, definindo a chamada a fronteira eficiente dos ativos financeiros.

Em complementação a teoria de Markowitz, Sharpe (1996) desenvolve novo conceito, apresentando o ponto de equilíbrio, além da fronteira eficiente já descrita, em condições de risco. Com isso mostra através da Linha de Mercado de Capitais (LCM) a melhor carteira a ser escolhida.

Como o modelo a ser proposto não podia limitar-se somente em análise da média-variância proposta pelos autores anteriores, buscou-se bibliografias que apoiassem no desenvolvimento do modelo que associasse mais variáveis de decisão e de restrições. Para isso, foram levantadas bibliografias sobre aplicação dos métodos de programação linear na construção de carteiras, pois, estes métodos permitem incorporar mais restrições no modelo [Moore, 2005],

Segundo a metodologia do PIR, deve-se compor carteira de recursos, cujo objetivo principal é de gerenciamento prévio dos riscos e benefícios, permitindo a escolha da melhor alternativa com os melhores benefícios, menores custos e riscos, de forma a garantir a disponibilidade energética [Udaeta, 1997].

Para o melhor entendimento dos conceitos de risco fez um estudo bibliográfico sobre os riscos inerentes ao processo de construção das carteiras, [Elton, 2004] e [Boehm, 1989].

Para se situar melhor no atual panorama energético e do PIR, fez-se estudos bibliográficos sobre a história do desenvolvimento do planejamento energético no Brasil e no mundo cujos resultados são objeto de discussão nos próximos itens.

2.1 História da Evolução do PIR no Mundo e Planejamento no Brasil

Como qualquer estudo exige um tempo de maturação das idéias e de elaboração das ferramentas adequadas para produzir resultados, o PIR também passa pelo mesmo processo. Resumidamente, nos próximos itens são relatados os momentos mais marcantes no desenvolvimento do processo do PIR no mundo e no Brasil.

2.1.1 História da Evolução do PIR no Mundo

Brevemente, destacam-se os seguintes momentos na história da evolução do PIR no mundo:

Com a crise do petróleo nos anos 70, nos Estados Unidos da América, começou-se a pensar em fontes alternativas e meios para o suprimento de energia, minimizando o aumento do parque de geração. Iniciaram-se estudos com atenção ao problema do uso racional de energia, resultando no processo inicial do Gerenciamento do Lado de Demanda (DSM). Neste mesmo período surgiu a necessidade de estudar todas as opções possíveis, tanto do lado de oferta como do lado de demanda, que pudessem garantir o suprimento de energia elétrica a um

custo mínimo possível. Foi o primeiro passo dado no contexto do Planejamento Integrado dos Recursos.

Posteriormente, o Canadá adotou a idéia, incorporando mais elementos ao estudo na busca prioritária de reduções dos custos energéticos, dando a origem ao conceito do Desenvolvimento Sustentável (DS). Em seguida, a idéia foi expandida para Espanha e Alemanha e alguns países europeus. A Alemanha, por sua vez, introduziu o conceito de impactos ambientais dentro do processo de planejamento energético (Energy Policy of Canada, 2006).

A incorporação de novos elementos no processo de planejamento energético tradicional criou uma nova metodologia mais completa, mais abrangente e mais eficiente para estudos energéticos, que atualmente é chamado de PIR.

Atualmente aderiram à metodologia, países como a China, que cada vez mais tem se preocupado com o suprimento energético capaz de acompanhar o ritmo de crescimento que o país tem no momento. A razão que levou a China aderir à metodologia do PIR é óbvia. A China vive problemas ambientais sérios, apresentando uma grande dependência em combustíveis importados. Nestes últimos tempos, o Fórum de Desenvolvimento da China fez diagnósticos sérios sobre as questões energéticas e seus futuros efeitos e concluiu que a aplicação da metodologia do PIR no país poderia distribuir os investimentos de forma mais racional e postergar a construção de novos empreendimentos de aproveitamentos energéticos por meio da conservação de energia.

Essa preocupação surge na medida em que foi apresentado o Plano do Governo para desenvolvimento do setor de energia num período compreendido entre 2001 a 2030, cujo volume de investimentos previsto é 2 trilhões de dólares. Com a introdução do PIR e criação das medidas de conservação de energia, a China poderia obter uma economia até 2030 de 200 bilhões de dólares, ou seja, 6 bilhões de dólares por ano³. Outras razões que são discutidas neste trabalho é a necessidade do país aumentar o mix dos recursos, principalmente, o aumento da energia nuclear na sua matriz energética como alternativa à crescente dependência das importações de combustíveis fósseis. Outra questão central dessa mudança da posição da China é o aumento das restrições ambientais, as limitações na disponibilidade de capital a custos razoáveis, a introdução da concorrência⁴ por

³ www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/0730619672.pdf

⁴ Atual política do Governo chinês é permitir a concorrência entre as empresas de energia

atacado em sistemas elétricos, a preocupação de que o público não estava sendo efetivamente consultado antes de grandes decisões sobre o uso de recursos locais, a crença de que a crescente procura contínua em energia a taxas históricas justificaria a construção de quase qualquer fonte de eletricidade disponível. Portanto, de acordo com o Fórum de Desenvolvimento da China, o tratamento destes elementos no Planejamento Energético pode ser alcançado com aplicação da metodologia do PIR.

Este exemplo ilustra o atual potencial do PIR no contexto mundial do Planejamento Energético. O Brasil não ficou atrás, tem-se procurado aprimorar as suas ferramentas de planejamento energético como será visto no item a seguir.

2.1.2 História da Evolução do Planejamento Elétrico no Brasil

No Brasil, o processo de planejamento do setor de energia elétrica foi implantada a partir da criação da Eletrobrás e do Ministério de Minas no início da década de 1960.

Os períodos mais destacados do processo da evolução do planejamento energético no Brasil podem ser enfatizados nas seguintes etapas:

Período de 1930-1945: Evolução da indústria de energia, aceleração do crescimento industrial e a urbanização do país provocaram o rápido aumento de demanda em energia elétrica que a capacidade de geração não atendia. Para satisfazer a demanda exigiram-se as transformações institucionais e regulamentação das atividades relacionadas ao setor e também aumentou a preocupação do poder público. Para achar a solução adequada ao momento, foram tomadas providências tais como:

Em 1950 - Integração entre as empresas de energia elétrica tornou-se requisito fundamental para expansão do setor, considerando a localização dos novos projetos de expressão regional. Para isso passou-se a fazer estudos do mercado e a integração operacional dos sistemas de escala. Todos estes fatos exigiam um esforço de planejamento entre as empresas de energia.

Em 1960: Criação da Eletrobrás e do MME (Ministério de Minas e Energia Elétrica para coordenação destas atividades ao nível do Poder Público), resultando numa consolidação de empresas regionais como Furnas, CHESF, CEMIG e outras.

Em 1959: Furnas – Estudo de suprimento energético para toda Região Sudeste. As recomendações extraídas do estudo tornaram-se guia para política energética do Governo (MME) e diretrizes de base para um programa de desenvolvimento energético.

Em 1962: Criação do Consórcio Canambra (Canada- Montreal e Crippen Engineering, Gibbs&Hill dos Estados Unidos e Brasil com objetivo de desenvolver os Estudos do potencial hidráulico, do mercado de energia elétrica na região Sudeste);

Em 1963: Criação do Comitê Coordenador de Estudos Energéticos da Região Sul, cujos trabalhos resultaram em dois relatórios técnicos:

Relatório 1: Programa de construções até 1966 para atender a demanda até 1970;

Relatório2: Programa com diretrizes em longo prazo de construções e para estudos adicionais do mercado e inventário do potencial energético.

De 1964 a 1966: Plano PAEG – (Programa de Ação Econômica do Governo);

De 1968 a 1970: PED (Programa Estratégico de Desenvolvimento do Setor Elétrico);

Em 1971: criação do CCOI (Comitê Coordenador da Operação Interligada)- congregava as empresas geradoras de energia elétrica e de Distribuição.

Em 1974: Plano de Expansão dos sistemas para regiões Sul e Sudeste com horizonte de planejamento até 1990, depois outro plano até 1995. Estudos foram mais globais.

Em 1974 a 1986 foram criados os órgãos tais como: GCPS (Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema Elétrico) e CCPE (Comitê Coordenador do Planejamento do Sistema Elétrico).

De 1987 a 2010: Planos Nacionais de Energia Elétrica, que se distingue dos outros por incorporar uma série de novos aspectos, tais como: definição da eletricidade no quadro da incerteza, caracterização global do mercado de energia, e harmonização do binômio tecnologia-meio ambiente, participação mais ampla da sociedade nos processos decisórios através das audiências públicas, programas de eficiência energética, promovidas pelo PROCEL, dentre outras atividades. Deste

modo, pode-se considerar o início de um Planejamento Integrado de Recursos Energéticos no Brasil.

Hoje a idéia de Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos tornou-se uma realidade e a metodologia indispensável para estudos regionais. A prova disto são inúmeros trabalhos desenvolvidos em várias instituições de pesquisas, não só no GEPEA, tais como: a publicação do livro sobre o PIR de autoria de Jannuzzi “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos, os trabalhos que resultaram na “Agenda Elétrica Sustentável 2020”, dentre outros.

2.2 O Conceito do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR)

O PIR pode ser entendido como o processo que efetua o exame de todas as opções possíveis e factíveis, no tempo e na geografia, para responder à questão da energia, selecionando as alternativas que melhor possam garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental do desenvolvimento de uma região ou de um país.

Neste contexto a metodologia aplicada ao PIR tem como base de sustentação o aumento da preocupação com o uso eficiente da energia e, de certa forma, com a ênfase nos usos finais. Com isso podemos definir o objetivo básico do PIR como o de expandir o cenário de planejamento de forma a permitir uma avaliação das ações para o aumento da eficiência e da conservação da energia integrada com os projetos focalizados na oferta, [Figura 1].

Mas o PIR vai além destes limites, como mostra a Figura 1, que apresenta várias informações, em forma de blocos no diagrama, que devem ser tratadas para um desenvolvimento bem sucedido do PIR. Esses blocos de informações dividem-se em:

- I. **Bloco de Informações prévias:** são informações necessárias para delimitação da região ou país do estudo para o PIR. Essas informações são divididas em três blocos a citar: bloco do Inventário ambiental, da listagem e seleção de recursos e o da Identificação dos Interessados e Envolvidos (En-In).

- II. **Bloco do Inventário Ambiental:** descreve-se todo o processo de como deve ser feito o levantamento dos impactos ambientais nos meios aquático, aéreo, antrópico e terrestre.
- III. **Bloco de Listagem e Seleção de recursos:** apresentam-se procedimentos de como devem ser levantados os recursos energéticos, tanto do lado da demanda, como do lado da oferta.
- IV. **Bloco de Identificação dos Interessados e Envolvidos:** procura-se levantar todos os atores, os órgãos dos governos que podem participar na tomada de decisões, as ONG's (Organizações não Governamentais), a sociedade em geral. Também são levantadas as informações sobre os especialistas da região que participam no desenvolvimento do processo do PIR.

Figura 1: Diagrama Esquemático do PIR

Além destes blocos, ainda há subblocos, tais como a valoração dos recursos energéticos, a caracterização destes e dos Envolvidos e Interessados.

No subbloco de valoração descrevem-se os procedimentos para valoração dos critérios e atributos pré-definidos nas quatro dimensões (técnico-econômica, social, ambiental e política), em que se apóia a própria metodologia do PIR, os

recursos energéticos selecionados no bloco da listagem e seleção. Neste são valorados os recursos, tanto do lado da oferta, como do lado da demanda.

No subbloco denominado de caracterização de recursos energéticos, procurou-se levantar todas as características das tecnologias existentes no mercado nacional e internacional, as suas características físicas (faixas de potências, rendimentos, características construtivas, etc.); as fontes de energia que podem ser aproveitadas através das tecnologias existentes e até em projetos. Os dois elementos somados definirão o potencial a ser aproveitado para o suprimento de energia.

Para a identificação dos interessados e envolvidos na região da aplicação do PIR, é necessário inicialmente proceder com treinamento e capacitação dos profissionais locais para apoiar na coleta dos dados e futuramente poderem dar a continuidade ao desenvolvimento do processo, com isso proporcionar certa redução dos custos na fase dos estudos para o PIR. Além disso, para um levantamento mais preciso dos interessados e envolvidos na região do estudo torna-se indispensável a aplicação dos questionários que servirão como orientação de base nas discussões do processo de implementação do PIR. Também o levantamento dos especialistas é necessário, pois, as opiniões podem auxiliar na definição das diretrizes e estratégias do desenvolvimento do processo.

Segue-se com o ranqueamento dos recursos, ou ordenamento destes recursos conforme avaliação no processo de valoração dos seus atributos através dos critérios pré-definidos.

O ranqueamento é conduzido de duas formas: a avaliação determinística dos custos completos (ADCC), [Cicone, 2007], e a avaliação holística dos custos completos (AHCC). A primeira se baseia no uso das ferramentas matemáticas ou computacionais e a segunda nas notas atribuídas a cada recurso pelos interessados e envolvidos. Além disso, os recursos ranqueados devem ser monitorados ao longo de todo processo do desenvolvimento do PIR.

Os resultados do inventário também devem continuar a ser mapeados constantemente para verificação das possíveis alterações no decorrer do processo do PIR. O mapeamento local nos quatro meios definidos no inventário deve fornecer as informações atualizadas tais como dados econômicos, dados da infraestrutura da região, dados de usos múltiplos dos recursos selecionados e valorados, dados sobre os próprios recursos naquele instante de estudo ou do seu uso, dados sociais

e ambientais mais recentes. Isso permite prever quaisquer alterações dentro dos cenários construídos para o estudo do PIR.

Os cenários a serem construídos devem envolver as possíveis mudanças no comportamento do sistema energético da região em estudo. Além destes são construídos os cenários socioeconômicos e, finalmente, é feita a previsão da demanda na base dos cenários definidos para o estudo.

Após compilar todos os elementos acima descritos na metodologia atual do PIR, segue-se para elaboração do plano preferencial que envolve avaliação dos riscos e análise das incertezas. Essas variáveis são tratadas dentro do processo de integração dos recursos, com a definição de quais dos recursos vão entrar na matriz energética para satisfazer a demanda de um determinado período ao longo do horizonte de planejamento pré-definido.

Uma vez integrados os recursos, inicia-se o processo de construção da carteira dos recursos energéticos, o foco da discussão desta tese.

Tendo as carteiras definidas na base dos cenários construídos e sempre levando em conta novas informações do mapeamento, define-se o Plano de Ação, que traz consigo todas as estratégias sobre as quais recursos são as prioridades para implantação, olhando para todos os aspectos, sejam eles técnico-econômicos, ambientais, sociais, políticos, de investimentos e os relacionados ao comportamento do mercado da indústria energética ou do sistema energético local. Tampouco se pode perder de vista o comportamento do mercado internacional, principalmente, no que diz respeito às tecnologias importadas, às variações dos preços dos combustíveis nos mercados (internacional e nacional) e às decisões políticas dos governos dos países importadores destas tecnologias e combustíveis, sob pena de prejudicar o andamento do PIR mesmo na sua fase inicial de implementação.

2.3 Estado da Arte do PIR

O PIR é uma ferramenta de planejamento que congrega dentro do seu processo os elementos que permitem obter respostas nos seguintes assuntos:

- Existência dos recursos energéticos economicamente viáveis como elementos principais para o estudo;

- Avaliação das tecnologias para utilização destes recursos;
- Quais as atividades econômicas existentes no local: transporte, saúde, indústria, educação, etc;
- Os impactos que estes podem provocar na sociedade;
- Quais mudanças ambientais podem surgir com a implementação do PIR no local devido ao uso de um determinado recurso;
- Como a comunidade local vai reagir em relação ao processo de estudo de implementação;
- Até que nível está havendo aceitação política e da sociedade como um todo;
- Quais os benefícios a esperar deste processo;
- Se existem meios financeiros para tais empreendimentos;
- Qual é o horizonte deste plano;
- Como reduzir as incertezas no decorrer do processo;
- E várias outras questões a serem levadas em consideração.

Para obter respostas nestas questões é necessária a utilização de uma ferramenta que permita fazer análise multi-variável.

O PIR é um processo que efetua o exame de todas as opções possíveis e factíveis, no tempo e na geografia, para responder à questão da energia, selecionando as alternativas que melhor possam garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental do desenvolvimento de uma região ou de um país. Através destes elementos apresentados e na tentativa de juntá-los num só modelo, que permita chegar aos resultados desejados e responder às questões acima citadas, o Grupo de Energia do PEA resolveu enfrentar estes desafios na área de Planejamento Energético, começando com o desenvolvimento de algumas pesquisas, que posteriormente resultaram nos trabalhos a serem discutidos no próximo item.

2.4 Barreiras e Obstáculos Inerentes ao PIR

As barreiras inerentes ao PIR são diferentes em países desenvolvidos em relação aos países em desenvolvimento, sendo discutidas nos próximos itens.

2.4.1 Dificuldades Inerentes ao PIR nos Países Desenvolvidos.

Nos países desenvolvidos os problemas enfrentados têm as seguintes características:

- Expansão dos atuais parques de geração;
- Introdução imediata dos novos recursos energéticos;
- Problemas ambientais;
- Problemas na introdução de mudanças no sistema de regulação;
- Demandas crescentes em energia;
- Conflitos de interesses no processo de reforma das antigas legislações para atender ao processo de implementação do PIR;
- Dificuldades em reestruturação do mercado de energia e o sistema de transmissão;
- Conflitos em alguns casos devido às mudanças no hábito do consumo de energia provocada pela introdução do PIR;

Os obstáculos encontrados no processo de implementação do PIR, principalmente, quando neste existam possibilidades de introduzir T.E.R (Tecnologias de Energias Renováveis), pode ser caracterizados como:

- **Econômico/financeiros:** Devido ao alto custo inicial do processo, custo de manutenção (monitoramento após implementação), bem como um pequeno ganho (redução de lucros de alguns En-In), pode -se tornar um obstáculo ao processo do PIR;
- **Institucionais e regulatórios:** Faltam, por parte da administração das empresas que trabalham no setor de energia, regulações/incentivos para estimular a política nacional explícita de introdução das TER's, na transição para tarefas voltadas à redução dos custos de TER's, na obtenção de créditos para o desenvolvimento das TER's;
- **Mercado:** Falta de transparência na contratação de energia e seus custos, pois, as informações dos contratos bilaterais não são abertas à sociedade;
- **Comportamental:** Resistência a mudanças do hábito de uso de energia, percepção de TER's (incomoda), fontes de informações não precisas;

- **Tendências de Suprimento:** possibilidades de aumento da capacidade de geração, aumento constante do consumo, principalmente devido à introdução das novas tecnologias de usos finais;
- **Rearranjos institucionais:** às vezes inibem o processo de implementação do PIR;
- Atuação das ONG's contra certos projetos e uso de certos recursos, apesar disso ser favorável, por um lado, ao processo do PIR;
- **Introdução das novas tecnologias:** biomassa, solar, etc.

2.4.2 Dificuldades Inerentes ao PIR nos Países em Desenvolvimento.

As dificuldades e obstáculos enfrentados durante o processo de implementação do PIR podem ter as seguintes características:

Dificuldades:

- **Financeiras:** por vezes existe vontade política de implementar planos para o desenvolvimento do setor, mas os obstáculos financeiros acabam por abortar o processo ao longo do horizonte estabelecido, assim ignorando algumas das etapas do PIR para suprir necessidades financeiras de outros setores e do interesse imediato dos governos;
- **Acesso às tecnologias Eficientes:** a maioria dos países em via de desenvolvimento não são detentores de tecnologias de energia e tampouco dos usos finais, então, ao longo do processo de planejamento, às vezes são imposto o uso de uma tecnologia que os doadores desejam disponibilizar, e mesmo que esta não seja adequada;
- **Estruturação do setor:** para reestruturar a infraestrutura deixada após o processo de descolonização (principalmente nos países africanos e alguns da America Latina), o problema torna-se de segundo plano devido às limitações financeiras e do quadro técnico capaz de conduzir o processo, evitando novos investimentos, que não sejam para resolver os problemas vigentes no momento. Isso acaba-se tornando um grande obstáculo à criação de condições propícias para implementação do PIR;

- **Em adoção das políticas adequadas para setor:** Na maioria dos casos, como as políticas de investimentos são condicionadas à obtenção de doações financeiras (exemplo: a Guiné-Bissau, Uganda, El Salvador, dentre outros países africanos e latino-americanos), essa acaba obedecendo aos critérios impostos para o uso dos fundos doados pelos doadores. E esses critérios nem sempre vão ao encontro das políticas adequadas, que deveriam ser adotadas para o desenvolvimento sustentável do setor e que permitam uma aplicação adequada do PIR;
- **Instabilidade política dos Governos (caso da África):** as mudanças bruscas de governo nos países em desenvolvimento, principalmente nos países africanos, podem comprometer o processo do PIR ao longo do horizonte, por ser cada mudança associada aos mais diversos interesses dos diversos países desenvolvidos;
- **Culturais:** nos países em desenvolvimento este aspecto é muito relevante. Devido às tradições locais, muitas das vezes, torna-se quase impossível a implementação de certos projetos independentemente das suas características técnicas, mas em função dos hábitos dos habitantes locais, que mostram acentuada resistência às novas tecnologias. Por exemplo, em Guiné-Bissau, em 1986, tentou-se introduzir os fogões a lenha com maior eficiência, tudo subsidiado pelo projeto com a participação da Índia, mas acabou em total fracasso. A população local só utilizava nova tecnologia com a presença dos monitores do projeto. Na ausência destes, voltavam a utilizar os antigos fogões, argumentando na época que preferiam utilizar o que os seus ancestrais vieram a usar ao longo dos séculos, e não agora se desfazer de tudo. Além disso, pontuaram que a futura geração precisava herdar a sabedoria do processo de produção destes fogões tradicionais e que o que chegou agora nem os mais velhos sabiam construir, fazendo-se a seguinte pergunta: quando não tiver e quando o governo não puder mais fornecer, como é que fica? Pois, todos abandonaram o uso destes fogões em alguns meses e o projeto foi ao fracasso.
- **Diretrizes legislativas:** quase são ausentes as diretrizes legislativas para apoiar o processo de planejamento nestes países. As decisões são tomadas mediante as crises do momento.

- **Monitoramento:** na maioria dos projetos nestes países ficam comprometidos por falta de monitoramento, por falta de técnicos especializados nacionais capazes de dar continuidade ao projeto, esses acabam não atingindo os objetivos propostos inicialmente.

Obstáculos (nomeadamente os países africanos e da America Central):

- **Capacidade de geração elétrica:** às vezes por falta de recursos, às vezes por falta de investimentos no sistema de transmissão, mesmo que haja os recursos disponíveis; em alguns existem recursos energéticos primários, mas faltam capitais de investimento para exploração destes recursos. Neste caso, preferem estar importando a energia elétrica diretamente;
- **Restrições financeiras:** o governo não tem capacidade de investir e não tem doadores que disponibilizem os fundos para os projetos em função da política deste no momento;
- **Meios técnicos para reestruturação do sistema:** na maioria destes países falta o quadro técnico especializado;
- **Condições impostas pelos doadores de investimentos:** nestes países que pedem doações para o seu desenvolvimento, normalmente, quando chegam fundos para um determinado projeto, a primeira condição imposta é: o quadro técnico para execução do projeto tem que ser do país de origem do fundo. A segunda condição é a compra de equipamentos imposta pelos mesmos, sem que se preocupem se aqueles são adequados para o uso nas condições climáticas deste país ou não, se dado equipamento é eficiente ou não, assim por diante;
- **Meios para comercialização de energia e serviços relacionados:** devido à falta dos quadros, além da infra-estrutura adequada para o serviço de energia, criam-se grandes barreiras na comercialização da mesma;
- **Definição clara dos objetivos dos projetos que possam integrar-se ao processo do PIR:** como a dependência é grande em relação as fontes de financiamento, isso implica na impossibilidade de definir de ante-mão uma política clara dos objetivos para implementação dos projetos de médio e longo prazo. Na sua maioria os projetos são de curto prazo. Em função disso é que são definidas as políticas do setor. Esta forma de política dificulta a implementação do PIR, sem dúvida;

- **Falta de responsabilidade dos órgãos reguladores independentes:** como não existem órgãos responsáveis que possam fiscalizar as atividades do serviço de energia e, por outro lado, às vezes os responsáveis pelo setor são indicados pelos governantes consoante convicção política de cada um, não há senso de responsabilidade mediante diversas situações. As decisões são tomadas conforme a necessidade do momento;
- **Treinamento técnico apropriado:** como já foi mencionado acima, em todos os projetos em implementação nunca está incluído o processo de treinamento e transferência de tecnologia. Isso inviabiliza os projetos. Portanto, dentro do contexto do PIR, sem dúvida aconteceria o mesmo nestes países;
- **Meios de coletas de informações suficientes:** na maioria destes países, após independências, não existem cadastros dos seus sistemas energéticos, nem informações sobre as condições técnicas dos mesmos. Portanto, criou-se uma situação crítica quanto aos dados históricos da evolução dos sistemas. Por outro lado, a falta dos meios financeiros, técnicos e organizacionais para que se criem sistemas de banco de dados para armazenar as informações, a situação torna-se ainda mais difícil em obter dados precisos sobre o setor;
- **Falta de organizações de pesquisas:** estes países carecem dos centros de pesquisas, que contribuem na compilação das informações. Isso se deve também à falta de incentivos para desenvolver estudos que venham a contribuir para compilação das informações necessárias para futuros estudos ou futuros projetos. Por outro lado, todos os projetos já realizam as informações que possam servir de base para próximos estudos, normalmente são levados para fora do país pelos responsáveis dos projetos anteriores. Não ficam armazenadas no país para construção de um banco de dados nacional.

2.4.3 Mudanças de Premissas no Planejamento Tradicional.

As premissas que devem ser quebradas no planejamento tradicional e nos setores de energia são basicamente as seguintes:

Todos os órgãos que tratam com processos de energia, sejam as concessionárias, sejam os órgãos governamentais e organizações, precisam

entender que a energia atualmente é inserida em toda atividade humana (cultural, industrial, comercial, residencial, etc.), e, portanto, pode ser vista como pilar de um desenvolvimento sustentável. Sendo assim, deve-se, em qualquer estudo ligado ao setor de energia, pensar primeiramente nos aspectos que possam afetar esta concepção de sustentabilidade, que são aspectos políticos, culturais, econômicos e ambientais, e não continuar olhando para a energia como simples elemento que pode proporcionar conforto e ser comercializado para obtenção de altos lucros. Para atingir estes objetivos, o trabalho foi estruturado de forma como segue abaixo.

2.5 Introdução à Teoria de Carteiras

O marco teórico inicial para os estudos de carteiras foi dado nos estudos de carteiras sobre investimentos de Markowitz (1952), introduzindo, desta forma, a Teoria Moderna de Investimento (ou a Teoria Moderna de Carteiras). Nestes estudos foi apresentado pela primeira vez o embasamento teórico matemático da redução de risco resultante da diversificação de investimentos [Costa; Assunção, 2005).

Para a elaboração desta teoria, Markowitz parte das seguintes suposições: para um investidor comum, um modo simples de obter redução dos riscos é a aplicação em carteiras de ativos, em que a própria diversificação do portfólio já é suficiente para diminuir sensivelmente o risco da aplicação na maioria dos casos.

O objetivo de análise da carteira, segundo Markowitz, é encontrar as carteiras que melhor convenham aos objetivos do investidor. Em seu trabalho que resultou na publicação do artigo “Portfólio Selection” (1952), o autor rejeita a hipótese de que o investidor busca maximizar a taxa de retorno do seu investimento, mostrando que ela não explica o motivo da diversificação das carteiras. A diversificação seria explicada por meio de um modelo que considerasse o retorno e sua variância, que também fundamentaria o processo de tomada de decisão para seleção de carteiras ótimas, segundo as preferências de cada investidor.

Portanto, para prosseguir com esta análise, Markowitz, no seu modelo proposto, aponta para as variáveis que interessam ao investidor: o retorno esperado e o risco (ou a variância dos retornos esperados). Mostra ainda que os investidores preferem incorrer em um risco mais elevado para ganhar um pouco mais.

Com base nesta contextualização de Markowitz, Sharpe (1964) elaborou um modelo mais simples, chamado de modelo do índice único, demonstrando que a relação entre risco e retorno entre os títulos é uma relação linear explicada por índices de mercado. Portanto, não foi necessário calcular as covariâncias entre os títulos, bastando apenas verificar a relação entre a oscilação de um título e a de um índice de mercado ou seu coeficiente beta.

Para otimizar as carteiras com base na metodologia de Sharpe, são necessários os coeficientes betas de cada título, determinados através da regressão linear entre os retornos dos títulos e um índice de mercado. Neste trabalho, esta metodologia não foi adotada por falta de informações substanciais para a sua utilização; as concessionárias não permitem acesso a estas informações. Mas esta abordagem deve ser feita no futuro para complementação da metodologia desenvolvida nesta tese.

Para prosseguir a discussão sobre a teoria de carteiras, buscou-se a fundamentação de mais autores e especialistas na área de economia para auxiliar a elaboração do modelo de seleção de carteiras de recursos energéticos proposta para o PIR.

Para Kritzman (2000), não há dúvida que o investidor procura a sua utilidade esperada; sendo assim, enfrenta a tarefa de compor uma carteira de ativos que maximize o retorno esperado versus o risco oferecido pelo total de ativos componentes dessa carteira.

O Damodaran (2004) explica que os atuais retornos esperados e variâncias são quase sempre estimados a partir das informações previamente conhecidas sobre os retornos passados. Isso significa, pela afirmação do autor, que o pressuposto implícito quando se utilizam variâncias históricas é de que as distribuições passadas são boas indicadoras de distribuições futuras. Por outro lado, quando esse pressuposto é violado, como ocasionalmente acontece quando as características de ativos mudam significativamente com o tempo, as estimativas baseadas nas observações dos retornos históricos podem não ser boas medidas de risco.

Para complementar, Ribeiro e Ferreira (2005) acrescentam que o problema de composição de carteiras está intrinsecamente relacionado aos conceitos de risco e retorno. Segundo estes dois autores, quando um operador do mercado financeiro ou administrador de empresas compõe uma carteira de ativos, o objetivo é

basicamente obter o máximo de retorno possível, dado um nível aceitável de risco, ou obter o mínimo risco, fixando um nível de retorno.

Apesar de inúmeras informações, a fim de não estender as citações, pode-se afirmar que a Teoria Moderna de Carteiras pode ser considerada uma ferramenta que permite ao investidor compor a carteira de investimento com diferentes ativos financeiros e otimizar a relação entre retorno e risco do investimento.

Sendo assim, estes conceitos podem ser adaptados no setor energético, tendo a consciência da mudança do paradigma do Planejamento Energético, principalmente no que diz respeito a participação de investidores privados neste setor. Isto faz com que os planejadores do setor pensem em novas ferramentas que permitam computar os ensejos destes investidores privados para possibilitar o desenvolvimento contínuo do setor.

A teoria em discussão foi desenvolvida seguindo a premissa de que os investidores avaliariam suas carteiras apenas com base em duas únicas variáveis de decisão: o valor esperado e a variância das taxas de retorno no espaço do tempo considerado. Quando postos a escolher entre duas carteiras do mesmo risco, estes sempre escolheriam a de maior retorno e, da mesma forma, quando postos a escolher duas carteiras de mesmo retorno, sempre optarão pela de menor risco, [Costa; Assunção, 2005, p.17].

2.5.1 Incertezas e Riscos na Composição e Seleção de Carteiras no Contexto do PIR

Conhecendo estes princípios, pode-se ilustrar o processo como mostra a Figura 2.

Figura 2: Princípios de Dominância de Markowitz entre Ativos

Fonte: Elaboração própria

A Figura 2 ilustra como se comportam os investidores na escolha das carteiras na base dos princípios acima descritos. Consideram-se A, B e C diferentes carteiras dos recursos de investimentos, sendo as carteiras A e C de mesmo risco, A e B de mesmo retorno esperado, e risco e retorno de B e C diferentes. O investidor sempre escolheria a carteira A em relação à carteira C, pois as duas apresentam o mesmo nível de risco, mas a carteira A possui o maior retorno esperado. Entre a carteira A e B o investidor não escolheria a carteira A, apesar de ter o mesmo retorno com a carteira B, pois, a carteira A apresenta o maior risco.

Sabendo desta predisposição dos investidores, deve-se primeiramente delinear as carteiras de forma a obter a fronteira eficiente, ou seja, a delimitação do conjunto de carteiras que melhor atendem à disposição dos investidores, com menor risco e maior retorno esperado. A Figura 3 mostra como se deve delinear as carteiras eficientes.

A curva ABC da Figura 3 representa a fronteira eficiente. O estudo da fronteira eficiente permite avaliar dentre o conjunto das carteiras ótimas qual é a melhor opção em relação ao comportamento do mercado. Na Figura 3 os "X" representam o conjunto de carteiras ótimas, ainda que nem todas satisfaçam as condições de escolha dos investidores - no ponto "D" tem-se o mesmo nível de risco para as carteiras R1 e R2, mas pela linha da fronteira eficiente percebe-se que a carteira R2 apresenta maior retorno do que a carteira R1. Portanto, a importância da fronteira eficiente é mostrar para o planejador qual é a melhor opção de combinação

dos recursos dentre “n” possibilidades de combinações possíveis e apoiar sua tomada da decisão. A curva CA representa o intervalo de todas as carteiras eficientes e a curva C B constitui o conjunto ineficiente de carteiras.

Figura 3: Fronteira eficiente das carteiras

Sendo assim, a carteira ótima para o investidor avesso ao risco pode ser determinada da seguinte maneira:

Minimizando-se a função:

$$\text{Min}(Z) = \sigma_p^2 - R_p + \lambda \cdot (C_1 P_{r1p} + C_2 P_{r2} + \dots C_n P_{rm} - \text{PML} \cdot \Delta C) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Z: Função Objetivo a ser minimizada o custo total da carteira;

σ: Desvio padrão;

C₁ a C_n: Custo específico de implementação do potencial do recurso “i”; [R\$/MW]

P: Potencial de produção de energia com o recurso i (i = 0, 1, 2, ..., n); [MW].

ΔC: Diferença de cargas projetadas, [MWh];

PML: Preço Médio de Leilões, [R\$/MWh].

O que significa minimizar o custo total da carteira. No caso deste estudo foram considerados 21 recursos utilizados para a composição das carteiras dos recursos energéticos. Mas de forma geral, pode-se expressar o desvio-padrão das médias-variância (Eq. 2) e do retorno (Eq. 3) pelas seguintes equações:

$$\sigma_p^2 = X_1^2 \sigma_{r1}^2 + X_2^2 \sigma_{r2}^2 + \dots + X_n^2 \sigma_{rn}^2 \quad \text{Equação 2}$$

$$R_p = X_1 R_{r1} + X_2 R_{r2} + \dots + X_n R_{rn} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

σ_p^2 - a variância do retorno da carteira;

X_1 a X_n – a participação de cada recurso de x_1 a x_{21} na carteira;

σ_{r1}^2 a σ_{rn}^2 - variâncias dos retornos dos investimentos r_1 a rn , respectivamente;

R_{r1} a R_{rn} – retornos esperados dos investimentos nos recursos r_1 a rn , respectivamente;

λ - multiplicador de Lagrange (utilizado para a linearização da equação 2).

Outra questão importante a discutir é quando se deseja não apenas escolher a melhor carteira, mas reduzir o risco global, foco central do PIR, que será abordado com mais detalhes no item de riscos. Com a diversificação é possível alcançar a redução do risco global de investimentos em recursos energéticos, como mostra a Figura 4.

Observando a Figura 4, vê-se que sem a diversificação, o risco sempre será maior. Com a diversificação a tendência é a diminuição do risco global da carteira, propósito fundamental do PIR.

Figura 4: Redução do Risco pela Diversificação

2.6 Política de Alocação de Recursos de Carteiras no Horizonte de Planejamento

No atual paradigma de planejamento energético com a participação de capitais privado e do estado, torna-se necessária a criação de uma ferramenta de apoio para a tomada de decisão que reflita claramente as posições dos investidores no mercado de energia elétrica. O modelo desenvolvido busca apontar os seguintes objetivos fundamentais: a busca de menor custo e risco no planejamento em longo prazo e a definição clara das políticas coerentes na alocação dos recursos energéticos no horizonte de planejamento, procurando não afetar os interesses dos envolvidos e solucionar os pontos conflitantes entre eles.

A metodologia de construção das carteiras dos recursos energéticos deve fornecer aos tomadores de decisão elementos necessários qualitativos, e quantitativos na tomada de decisão sobre como devem ser priorizados os projetos para a satisfação da demanda de energia dentro de uma determinada carteira na distribuição dos investimentos.

Essa política deve se basear fundamentalmente nos seguintes pontos:

- Definição dos objetivos e estabelecimento de fortes compromissos para determinar o valor relativo de cada projeto de investimento de capital para os projetos estratégicos, principalmente para os países africanos ou países cujas economias são fracas;
- Obtenção de consenso entre investidores (doadores) e demais envolvidos (concessionárias, distribuidoras, geradoras, governos, entre outros) sobre volumes de investimentos e retorno esperado por todos (também se refere aos países africanos) ;
- Identificação das principais diferenças entre projetos na carteira, por meio de políticas claras de alocações dos recursos energéticos, a fim de alcançar o valor que leve à “melhor” decisão tanto para o investidor como para os governos locais;
- Mostrar que a carteira selecionada se justifica pelos seus benefícios, através dos elementos reunidos tais como o retorno esperado, os custos de implementação, os níveis de riscos, entre outros;

- Eliminar focos de discussão visando eficiência no processo de avaliação, eliminando agendas escondidas e inerentes preconceitos trazidos para a decisão, que é muito comum nos países em desenvolvimento, mas não seria hoje o caso do Brasil.

Outra questão que deve ser clara nas políticas de alocação dos recursos é a priorização das iniciativas de investimentos com base na sua importância relativa no sentido de atingir metas e objetivos organizacionais. Esta metodologia envolve a identificação e priorização de um conjunto de critérios e sub-critérios de decisão, a definição da escala de avaliação através do ranqueamento de recursos e, por fim, propostas de investimento. O resultado obtido através da metodologia é uma medida relativa à importância de cada iniciativa de investimento, como entradas para consolidação das decisões a serem tomadas no planejamento a longo prazo. Por outro lado, o modelo inclui a otimização de recursos e orçamentos para apoio a decisões de alocação de determinado recurso, formando uma ampla variedade de orçamentos através das restrições relacionadas às questões ambientais, sociais, políticas e técnico-econômicas.

Os maiores desafios no planejamento energético são as decisões sobre alocação dos recursos financeiros, altos em alguns projetos e escassos em algumas regiões. Estes devem, portanto, ser otimizados para melhor alcançar as metas e objetivos do planejamento que busca satisfazer as necessidades da sociedade como um todo. No atual paradigma, a questão se torna mais complexa, pois, vários agentes com objetivos concorrentes estão envolvidos na decisão. Assim, o planejamento não deve perder o seu foco e incidir fundamentalmente sobre os elementos de sustentabilidade versus transformação para atender às necessidades energéticas futuras, envolvendo considerações sobre o meio ambiente.

As decisões a serem tomadas para o desenvolvimento do setor elétrico por parte dos governos têm um impacto significativo e duradouro, que podem muitas vezes levar a consequências sérias, assim como trazer grandes benefícios à sociedade se forem corretamente tomadas. Para isso, é necessário que os governos façam análise profunda destas decisões e, se for possível, implementar políticas de incentivos que possibilitem a concretização destas decisões a serem tomadas. O planejamento de investimentos é suscetível às mudanças contínuas, por isso, desde a fase inicial deve não apenas priorizar objetivos concorrentes, mas também ser flexível a possíveis alterações. Neste sentido, exige-se na metodologia desenvolvida

um monitoramento contínuo das variáveis e mapeamento local para cada instante de observação com intuito de poder sempre ir mostrando as alterações que ocorrem no decorrer do tempo.

Por esta razão, o Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos se torna uma ferramenta necessária para apoiar o processo de tomada de decisão a fim de melhor gerir uma carteira de recursos energéticos, alcançando bons desempenhos, metas e objetivos com riscos mínimos, custos baixos e benefícios razoáveis e aceitáveis por todos os envolvidos.

Estas políticas devem também promover um processo de envolvimento multidisciplinar (já feito na metodologia do PIR) que combina todas as necessidades e considerações de todos os envolvidos.

3 Metodologia

À luz do eminente caráter multidisciplinar da pesquisa, a metodologia adotada para a confecção desta tese incorporou a execução das fases descritas a seguir.

Na definição do marco teórico do tema em estudo foram levantadas bibliografias que tratam do planejamento Integrado de Recursos Energéticos do lado da oferta e da demanda, (Fujii, 2007) e (Baitelo, 2006). Fez-se estudo das características específicas de cada um destes recursos com intuito de definir os seus principais atributos. Os estudos bibliográficos efetuados orientaram-se em aprofundar o conhecimento sobre as principais características de recursos energéticos tais como: recursos hídricos (Eletrobrás: Manual de PCH's, 1988), solar (ABRAVA)⁵, biomassa, (Thomas, 1998), geotérmicos, (Busmann, 2003), nuclear [Cardoso, 2005], recursos oriundos dos derivados do petróleo, entre outros (Udaeta: RTC, 2009). Também foram levantadas as bibliografias que tratam das tecnologias para o aproveitamento dos recursos anteriormente descritos, (Udaeta e Biague: RTC- Caracterização dos RELOS, 2008).

Por outro lado, fez-se estudo bibliográfico sobre o atual comportamento do mercado de energia, analisando as variações dos preços, sobre as legislações atuais, [EPE: Relatório Analítico, 2005], levantamento das bibliografias que tratam das questões ambientais relacionadas à indústria de energia, fatores preponderantes na formação das carteiras dos recursos energéticos, principalmente na análise de riscos e avaliação das incertezas [Boehm, 1989]. Fez-se estudo bibliográfico sobre os modelos desenvolvidos no GEPEA que tratam do processo do PIR, com abordagem teórica (Udaeta, 1996). Os modelos de GLO (Gerenciamento do Lado da Oferta), (Fujii, 2007), e GLD (Gerenciamento do Lado da Demanda) (Campos, 2004) trazem consigo os procedimentos para a caracterização dos recursos energéticos.

Em seguida fez-se levantamento da bibliografia que trata dos conceitos de formação e seleção das carteiras, (Markowitz, 1952), com estudo dos modelos matemáticos aplicados para a construção das carteiras dos ativos no setor financeiro como referência para a criação de carteiras de recursos energéticos, (Elton, 2005).

⁵ [www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/o3-energia_solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/o3-energia_solar(3).pdf)

Alguns dos conceitos abordados nestas bibliografias serão discutidos com mais detalhes ao longo do desenvolvimento da tese, principalmente aquelas que mais contribuíram no desenvolvimento do modelo proposto.

Figura 5: Modelo para Definição dos Recursos da Carteira

Estes estudos possibilitaram ter a visão sobre o atual estado da arte do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos e como se deve proceder na composição e seleção das carteiras dos recursos energéticos para atender as atuais exigências do mercado de energia. No próximo item serão discutidos resumidamente alguns destes elementos relacionados a conceitos teóricos de construção e modelagem das carteiras, usados para elaboração do modelo.

O processo da construção da carteira dos recursos energéticos dentro do PIR considera todos os passos anteriores do PIR conforme apresentado no modelo, cuja definição baseia-se nos conceitos teóricos do PIR, (Udaeta, 1996) e na teoria de Markowitz (1952) sobre a composição e seleção das carteiras. A Figura 5 ilustra as diferentes etapas do modelo.

3.1 Definição do modelo de composição de carteiras

Após um embasamento teórico sobre a teoria de modelagem das carteiras, procede-se ao levantamento de elementos necessários para atingir os objetivos propostos para elaboração do modelo para composição da carteira dos recursos energéticos. Este modelo deverá ser testado num estudo de caso de inserção do PIR, com o levantamento de informações sobre o local em estudo.

Para a composição das carteiras foram criados dois modelos: um diagrama que ilustra os passos seguidos para a definição dos recursos de composição de uma carteira de recursos energéticos e um modelo analítico desenvolvido para apoiar o processo de simulação das carteiras ótimas ao longo do horizonte de planejamento pré-definido de trinta anos, posteriormente detalhados no capítulo 4 deste trabalho.

3.1.1 Modelo em Diagrama

Este modelo [Figura 5] apresenta todos os passos seguidos para a caracterização e definição dos recursos que comporão a carteira. Nos próximos itens

serão descritos os elementos que devem ser levantados para posterior formação das carteiras dos recursos energéticos da região em estudo.

3.1.1.1 Definição do Universo de Estudo (Região ou País)

A delimitação da região ou do local em estudo é de fundamental importância no processo do Planejamento Integrado dos Recursos energéticos. O local escolhido determina o conjunto de informações referentes a dados históricos de caráter geográfico, dados sociais, econômicos, de infra-estrutura, ambientais e culturais da região. É o primeiro passo a ser dado para um planejamento bem sucedido e para a construção de cenários que permitam a composição e a seleção de uma carteira dos recursos energéticos que responda às necessidades regionais.

Neste bloco do modelo devem ser levantadas todas as informações que caracterizem por completo a região ou país em estudo. Portanto, deve-se levantar os dados socioeconômicos, demográficos, culturais e ambientais, como segue nos próximos itens.

3.1.1.2 Dados Demográficos

Coleta de dados sobre aspectos sociais, tais como: número de empregos, índices do desenvolvimento, infraestruturas das estradas, dos hospitais, das escolas, grau de escolaridade em diferentes níveis na região, crescimento populacional, ocupação da população da região em zonas urbana e rural.

3.1.1.3 Dados sobre o Setor Industrial

Coleta de dados referentes às mais diversas indústrias localizadas na região em estudo. Dados a serem levantados são: tipos de indústrias localizadas na região,

capacidade de produção industrial, as suas características tecnológicas, proveniência destas tecnologias (fabricação nacional ou importada). Também devem ser levantadas as informações sobre o consumo de energia elétrica e dos energéticos por estas indústrias.

3.1.1.4 Suprimento de Energia: Geração

Devem ser levantadas todas as características tecnológicas existentes, fatores econômicos envolvidos com combustíveis, desempenho dos grupos geradores, tipo de geração: hidráulica, térmica, nuclear, etc. Fazer o levantamento das potências instaladas no parque de geração da região para o suprimento de energia, a disponibilidade das fontes alternativas como bioenergia, eólica, solar e outros, que possam servir para a futura expansão do parque de geração. Levantar os custos e características das tecnologias existentes e novas. Levantar os aspectos sociais, políticos e ambientais relacionados com as características da geração de energia elétrica na região.

3.1.1.5 Transmissão e Distribuição

Levantamento de todos os componentes técnicos, administrativos e econômicos de forma a se configurar o atual estado do sistema (equipamentos), níveis de tensão, graus de supervisão e monitoramento (eficiência e a qualidade de serviços), níveis das perdas, a extensão do sistema. Levantar as informações sobre a capacidade do sistema de transmissão e distribuição de atender a toda demanda na região em estudo.

3.1.1.6 Usos Finais

Identificação dos tipos e características de tecnologias no mercado da região tais como seus custos efetivos, grau de penetração cultural para a sua aquisição, o tempo provável de utilização e a sua inserção na curva de carga [Sauer, 2006].

3.1.1.7 Consumo e Preços de Energia

Fazer caracterização do consumo de energia, estratificando os setores das atividades econômicas: indústria, serviços públicos, turismo, transporte, consumo residencial, etc.

3.1.1.8 Regulamentação e Modelo do Setor

Levantamento do perfil de órgãos reguladores, estrutura do setor de energia da região em estudo e a relação entre hierarquias⁶. Também, se possível, levantar os modelos regulatórios estrangeiros circunscritos ao setor elétrico como referência para o processo do PIR e, conseqüentemente, para construção de carteiras dos recursos energéticos.

3.1.1.9 Meio Ambiente e Participação da Sociedade

Levantamento do estado de preservação ambiental, níveis de poluentes e ações de redução, tabulação dos efeitos quantitativos da participação da sociedade

⁶ Secretaria de Economia e Planejamento – Governo do Estado de São Paulo: Uma Proposta de Agenda 2020, Araçatuba, 2001.
Secretaria de Energia-Agência para Aplicação de Energia-Manual de Administração de Energia. São Paulo, 1996, 4 v. (Série Divulgação e Informação; 1996).

através de suas organizações (comitês, associações, grupos ambientais, sindicatos, ONGs, entre outros) [Kanayama, 2007].

3.1.1.10 Dificuldades, Riscos e Incertezas no Setor de Energia

Identificação e catalogação dos elementos de riscos para os recursos do lado da oferta e demanda, mostrando como poderão ser contornados durante a composição e seleção de carteiras de recursos energéticos, o nível de ingerência atual no planejamento dos recursos, a temporalidade destes riscos, entre outros fatores.

3.1.1.11 Participação dos Envolvidos-Interessados

Promoção de discussões com as instituições envolvidas no processo de desenvolvimento do PIR através de oficinas, reuniões e visitas, coletar as informações sobre os envolvidos e interessados através de questionários. Efetuar a aplicação dos questionários para identificar as dificuldades e obstáculos que podem afetar o processo de implementação do PIR devido às divergências nos interesses dos envolvidos e interessados.

3.2 Caracterização da Região do Estudo

A caracterização da região envolve o levantamento das seguintes informações: identificação dos interessados e envolvidos através das visitas e oficinas, caracterização dos recursos energéticos e as tecnologias para o seu aproveitamento, inventário ambiental e mapeamento regional.

3.2.1 Caracterização dos Recursos Energéticos e Tecnologias

Neste bloco do modelo deve-se fazer o levantamento de todos os recursos energéticos na região para posterior avaliação dos seus potenciais teóricos e realizáveis. Também aqui, faz-se o levantamento das características das tecnologias existentes e dos possíveis meios de penetração de novas tecnologias com maior eficiência energética. A caracterização é realizada para todos os recursos, seja do lado da oferta, seja do lado da demanda.

3.2.1.1 Caracterização dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta

Para a caracterização dos recursos do Lado da Oferta é necessário fazer o reconhecimento do local em estudo através de visitas ao local, contatos com as instituições que integram a indústria de energia, levantar as informações que permitam o mapeamento e a localização destes recursos na região junto a prefeituras, escritórios de desenvolvimento de projetos energéticos e órgãos estaduais responsáveis pelos estudos energéticos. Este processo deve identificar a exigência de todos os recursos energéticos de oferta locais: hídricos, eólicos, hidráulicos, de biomassa, solar, dentre outros.

3.2.1.2 Caracterização das Tecnologias dos Recursos do Lado da Oferta

A caracterização das tecnologias envolve o levantamento dos seguintes parâmetros: os tipos, os seus principais atributos tais como a eficiência da tecnologia, potência nominal (KW), custo por kW (R\$/kW), custo total da tecnologia (R\$), modelo de equipamentos e informações do fabricante, características construtivas para a avaliação do grau de facilidade de implementação destas tecnologias. Além destes parâmetros técnico-econômicos, devem ser levantados os aspectos sociais, ambientais e políticos das tecnologias em discussão. Também se deve fazer identificação destas tecnologias em termo de procedência, se são de

fabricação nacional ou estrangeira. A Figura 6 mostra o procedimento para esta caracterização, [Udaeta e Biague: RTC- RELOS, 2006].

Figura 6: Fluxograma do Resumo dos Procedimentos do Levantamento de Tecnologias Existentes e Novas

Fonte: Biague, 2006.

3.2.1.3 Caracterização dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda

Para os recursos do Lado da Demanda, deve ser feito um levantamento junto aos centros consumidores da região, a aplicação dos questionários para a coleta das informações sobre o consumo em centros comerciais, residências, indústrias e outros setores [Udaera e Biague: RTC- RELDS, 2007]. Os recursos a serem caracterizados neste item são: medidas de informação e educação que visam à economia de energia, substituição de equipamentos menos eficientes por mais eficientes, identificação das possibilidades de substituição de energéticos e efficientização dos sistemas de combustão, utilização de energéticos em alternativa à rede elétrica (painéis e coletores solares, por exemplo), projetos eficientes de edificações, atuais condições de arquitetura visando identificar a arquitetura bioclimática, adoção de tarifas alternativas, possibilidades de emprego de controladores de cargas, armazenamento de energia, etc.

3.2.1.4 Caracterização das Tecnologias do Lado da Demanda

As tecnologias do lado da demanda são constituídas, em sua maior parte, por tecnologias de usos finais de energia elétrica. Devem ser levantadas para em estudo todas as tecnologias existentes, assim como as tecnologias internacionais com o objetivo de identificar as melhores tecnologias existentes e que futuramente possam penetrar na região. Os atributos a serem considerados neste levantamento são: eficiência energética da tecnologia, principais características construtivas, modelo, marca e informações do fabricante, custo por unidade (R\$), consumo (kWh), potência nominal (W), vida útil, reprodução de cor e fluxo luminoso (para lâmpadas) e aspectos sociais, ambientais e políticos destas tecnologias [Udaeta e Biague: RTC- RELDS, 2006].

Para atingir este objetivo, pode ser adotada a seguinte metodologia:

- Identificação das principais atividades econômicas do consumo de energia: indústria, comércio, usos finais residenciais, setor público, agropecuário e turismo;

- Estratificação dos usos finais dos setores e subsetores;
- Levantamento das tecnologias dos usos finais locais e seu mercado (nacional e internacional e suas características técnico-econômicas, ambientais, sociais e políticas).

Resumidamente, as tecnologias onde se devem concentrar os esforços nesta caracterização são as seguintes: iluminação, refrigeração, força motriz estacionária e veicular, entre outras, [Udaeta, 2007].

3.3 Avaliação dos Potenciais de Recursos Energéticos do Lado da Oferta (RELO) e do Lado da Demanda (RELD)

Neste bloco do modelo, utilizar os métodos convencionais para a avaliação dos potenciais de recursos energéticos do Lado da Oferta e da Demanda, que posteriormente serão utilizados para a formação de carteiras dos recursos energéticos na região.

Neste bloco avalia-se a disponibilidade de cada recurso caracterizado e a quantificação do seu potencial teórico [Udaeta e Biague: RTC- Avaliação do Potencial, 2006], realizável e do mercado.

3.3.1 Avaliação dos Potenciais dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta

Após a coleta das informações sobre os recursos existentes na região, são calculados os potenciais teóricos [FAPESP, 2006]. Em seguida é feita a valoração destes recursos, cujos potenciais teóricos são avaliados a fim de produzir potenciais realizáveis, considerando todas as possibilidades tecnológicas para o seu desenvolvimento. Também é feito o tratamento de atributos e subatributos dos recursos energéticos relacionados às dimensões técnico-econômica, ambiental, social e política, que auxiliam a elaboração dos potenciais utilizados no local em estudo.

3.3.2 Avaliação dos Potenciais de Recursos Energéticos do Lado da Demanda

Para a realização dos cálculos dos potenciais de usos finais nos setores residencial, comercial, industrial e público, deve-se utilizar os dados do consumo total. Fazer estratificação do consumo destes setores por categorias, aplicar todas as medidas de economia de energia para a Região em estudo. Finalmente, avaliar o quanto se pode economizar através destas medidas em todos os setores das atividades econômicas. Esse será o potencial teórico do lado da demanda, [Baitelo, 2006]. Na ausência das informações reais sobre o consumo destes setores, tendo os valores da distribuição percentual de consumo energético de usos finais por setores, que podem ser obtidos a partir do balanço energético local, calcular o consumo total de energia elétrica da Região e, através deste, estimar o consumo de energia de todos os outros segmentos.

3.4 Determinação dos Atributos para Valoração dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta e da Demanda

Para a valoração dos recursos energéticos, torna-se necessária a definição dos atributos referentes a estes recursos. Neste trabalho de pesquisa, foram definidos os atributos para as quatro dimensões do PIR, como segue nos próximos itens.

3.4.1 Determinação dos Atributos para Valoração dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta

Para a construção das carteiras dos recursos energéticos dentro do contexto do PIR, é necessário que os recursos sejam valorados. Para tanto, é preciso definir os atributos de valoração dos recursos que compõem as carteiras.

3.4.1.1 Atributos da Dimensão Técnico-Econômica

A valoração desta dimensão permite analisar a melhor opção do ponto de vista técnico-econômico, implicando na busca do melhor retorno do capital investido e buscando o menor custo global possível, ou seja, a minimização dos custos incorridos durante o desenvolvimento do recurso e a maximização de seus benefícios, guiando-se pelas premissas de desenvolvimento sustentável.

Para esta valoração foram levantados todos os atributos e subatributos integrantes desta dimensão. A partir destes parâmetros, fez-se a avaliação dos possíveis custos em termos monetários. Os parâmetros considerados para esta valoração são:

1. **Custo do Empreendimento:** É o custo total do aproveitamento e do desenvolvimento do recurso, considerando a tecnologia utilizada [em função de unidade monetária ou R\$];
2. **Distância entre a fonte e o consumo:** valoração da infraestrutura de transporte, transmissão e distribuição envolvida com o recurso energético. Este parâmetro pode inviabilizar o desenvolvimento do recurso, caso este esteja numa localização bem distante do centro do consumo (menos no caso de forte pressão política e econômica como as hidrelétricas da Amazônia). Dependendo da quantidade disponível do recurso, a distância entre a fonte e o consumo pode se tornar elemento chave para a tomada de decisão quanto à exploração do recurso [valorado em função de km].
3. **Taxa de Retorno do Investimento:** Expressa em fração ou percentagem. A partir da análise, determina-se a viabilidade do empreendimento.
4. **Disponibilidade do Recurso:** A disponibilidade do recurso indica a quantidade disponível do recurso e quantifica o potencial teórico, realizável e de mercado (econômico). Através dele pode-se avaliar se é compensatório investir no recurso ou não, [MW]. Os potenciais realizáveis utilizados no modelo já consideram o fator de capacidade.
5. **Fator de Capacidade:** permite aferir a energia efetivamente gerada por determinada tecnologia, a partir da relação entre a produção média da usina geradora e a produção de pico, ou seja, a razão entre a produção total e sua produção potencial, se operada constantemente a sua plena capacidade. O

resultado é um valor inferior a 1, expresso em fração ou em porcentagem, [%].

6. **Domínio Tecnológico:** O atributo pode ser dividido em dois subatributos com as seguintes especificidades. Uma tecnologia nacional indica seu maior grau de domínio, resultando em maior facilidade de implementação e penetração na região estudada. Representa ainda uma maior segurança por não depender de riscos de oscilações cambiais e de políticas comerciais externas, como é o caso de tecnologias importadas. Ainda, avalia-se a origem dos equipamentos para qualificar os recursos energéticos em nacional, misto e importado.
7. **Tempo de Construção:** Este importante atributo da análise técnico-econômica mede o tempo da construção de cada empreendimento ou instalação em anos e mostra a flexibilidade da tecnologia e a rapidez da implementação de um determinado recurso; quanto mais curto o tempo de construção, mais rápido o retorno do capital investido no empreendimento.
8. **Custo de Manutenção e Operação:** um importante componente do custo global a médio e longo prazo, durante a vida útil de um empreendimento. Por permitir a avaliação dos gastos após a construção [R\$/MWh]. Pode ser expandido em dois valores:
 - a. Valor Fixo: referente à despesa anual em R\$ por kW instalado;
 - b. Valor Variável: referente à despesa anual de geração, dado em R\$ por MWh gerado, exceto geração hidrelétrica, que o custo variável é quase zero.
9. **Mecanismos de Incentivo:** Para os recursos não tradicionalmente utilizados torna-se necessário avaliar as possibilidades de mecanismos de incentivos fiscais para o seu desenvolvimento. No processo do PIR, é de suma importância mapear todas as características dos mesmos, em relação a tipos e períodos, a fim de influenciar o potencial de desenvolvimento de um recurso energético.
10. **Custo Unitário de Geração (CUG):** Na valoração dos recursos é necessário considerar este atributo, pois é através dele que pode definir se num dado momento é viável a exploração do recurso ou não [R\$/MW].
11. **Tempo de Utilização:** Alguns recursos exigem a determinação deste atributo, principalmente na geração por fontes hídricas de pequeno porte, por bagaço de cana (que é sazonal), por energia solar (em alguns países, tem-se

determinado período em que esse recurso é abundante e outros não). Assim, é importante computar o número de horas por ano de utilização destes recursos a fim de determinar o quanto o fornecimento de energia é garantido pelo recurso, [horas].

- 12. Custo de Descomissionamento:** Muitas vezes este custo é ignorado, apesar da possibilidade de apresentar um valor alto ao final da vida útil do empreendimento, como é o caso de empreendimentos nucleares. Um dos grandes problemas enfrentados hoje na Alemanha⁷ é a desativação das usinas nucleares existentes devido à contestação da sociedade alemã, sinalizando um custo de descomissionamento muito alto para a sociedade. Também deve ser atualizado com a perspectiva de extensão da vida útil dos reatores antigos. Portanto, esta avaliação, em função de unidade monetária por capacidade instalada [$\text{R\$}/\text{MW}_{\text{instalada}}$] é importante desde a fase do planejamento energético.
- 13. Valor Presente Líquido (VPL):** ferramenta econômica utilizada para determinar o valor final do empreendimento energético, em unidade monetária, calculado a partir de fatores, tais como: vida útil, taxa de atualização do capital, custos de projeto. Quanto maior o VPL, mais atrativo é o investimento.
- 14. Potência:** mostra a máxima potência em kW fornecida por cada unidade do recurso implantado. Para a valoração dos recursos, optou-se por uma distribuição de várias faixas de potências; portanto utiliza-se o número de equipamentos necessários com a maior potência possível dentro de cada faixa para se atingir o potencial local.
- 15. Qualificação da mão-de-obra:** lista os requisitos necessários da mão-de-obra responsável pela operação de determinada tecnologia (especializada ou sem especialização).

⁷ Federal Ministry for The Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Berlin, April 2004. Acesso Maio 2006. www.bmu.de

Figura 7: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Técnico-Econômico

Fonte: FAPESP (Rigolin, 2009)

3.4.1.2 Atributos da Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental apresenta os meios terrestre, aquático e aéreo, cujos atributos e subatributos devem ser sucintamente avaliados na construção de carteiras para o PIR.

3.4.1.2.1 Meio Terrestre

O meio terrestre divide-se entre os seguintes atributos:

1. **Resíduos Sólidos:** mede a quantidade de poluentes sólidos gerados durante a geração de energia elétrica, medido em peso por energia gerada. Importante atributo para se conhecer a demanda por espaço para a disposição final de tais dejetos, (Por exemplo, usina térmica de bagaço de cana).
2. **Resíduos Líquidos:** abrange todos os poluentes que possam se infiltrar no solo seja por causa de vazamentos ou depósito proposital. Valorado pelo tipo de poluente e volume emitido por quantidade de energia gerada. Importante atributo para se mensurar o potencial fator de risco que o recurso possa trazer para o solo da região em estudo.
3. **Uso e Ocupação do Solo:** determina área de ocupação de determinado empreendimento energético.
4. **Potencial de Erosão:** mede o grau de erosão devido ao uso do solo para a produção do energético em estudo como, por exemplo, a biomassa.

Sua estrutura está representada na Figura 8.

Figura 8: Árvore dos atributos do Meio Terrestre

3.4.1.2.2 Atributo Meio Aquático

Este se divide nos sub-atributos consumo de água, qualidade da água e alteração da vazão. O sub-atributo qualidade de água se divide ainda em sub-atributos de emissões de poluentes, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), DQO e pH (nível de acidez da água), conforme apresentado na Figura 9.

1. **Sub-atributo Consumo de Água:** Mede o volume de água consumida necessária para a geração de energia elétrica. Valorado pelo volume demandado por potência gerada. É um importante atributo para se valorar os impactos da demanda de água nos cursos d'água da região.
2. **Alteração do Escoamento do Corpo Hídrico:** Mensura a mudança do volume de deslocamento de água dos corpos d'água devido à implementação de um empreendimento energético. Está diretamente correlacionado com a manutenção do ecossistema aquático dos corpos d'água da região.
3. **Sub-Atributo: Qualidade de Água – Emissão de Poluentes:** Verifica o volume de poluentes emitido nos corpos d'água da região devido à geração de energia elétrica. Indica a real sensibilidade da alteração da qualidade da água pela utilização de cada recurso e, conseqüentemente, o risco trazido aos cursos d'água da região.
4. **Sub-Atributo Qualidade de Água – Demanda de Oxigênio – DBO e QDO:** A demanda de oxigênio é um dado muito utilizado para verificar a quantidade de poluentes contidos na água. Através dele é possível dimensionar ou controlar os processos de tratamento de um efluente.
5. **Sub-Atributo Qualidade de Água – Variação de Temperatura:** Verifica a variação da temperatura dos corpos d'água em função da implantação do recurso energético. Está diretamente correlacionada à manutenção do equilíbrio do ecossistema aquático dos corpos d'água da região.
6. **Sub-Atributo Qualidade de Água – Alteração do pH:** Mensura a alteração do índice de pH ou acidez da água devido à implantação de um determinado recurso energético. Está diretamente correlacionado com a manutenção do equilíbrio do ecossistema aquático dos corpos d'água da região.

Figura 9: Árvore do atributo meio aquático

3.4.1.2.3 Atributo Meio Aéreo

Divide-se nos subatributos poluentes atmosféricos, gases de efeito estufa e gases degradantes da camada de ozônio, conforme mostra a Figura 11.

1. **Sub-Atributo Poluentes Atmosféricos – Gasosos:** Mensura o volume de gases poluentes emitidos na atmosfera, causados pela geração de energia, indicando o impacto deste recurso na qualidade do ar e seus efeitos subsequentes à saúde humana.
2. **Sub-Atributo Poluentes Atmosféricos – Material Particulado (MP):** Mensura o volume de materiais particulados emitidos na atmosfera, causados pela geração de energia.
3. **Atributo Gases Efeito Estufa:** Permite avaliar ou quantificar os gases efeito estufa em ton GEE/MWh.

4. **Atributo Gases Degradantes da Camada de Ozônio:** Mensura o volume de gases prejudiciais à camada de ozônio, emitidos na atmosfera, causados pela geração de energia.

Figura 10: Árvore dos Atributos do Meio Aéreo

A união das árvores dos meios terrestre, aquático e aéreo resulta na árvore da Dimensão Ambiental apresentada na Figura 11.

Figura 11: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Ambiental

Fonte: FAPESP (HIROSHI, 2009)

3.4.1.3 Atributos da Dimensão Social

A carteira construída para o Cenário Tendencial deve satisfazer não apenas à demanda de energia, como também trazer benefícios para a sociedade como um todo. Por isto a formação da carteira deve tratar de todos os atributos relacionados a esta dimensão de forma equilibrada em relação aos atributos das dimensões técnico-econômica, política e ambiental. Para tanto, torna-se necessário levantar estes atributos para posterior valoração e avaliação na construção das carteiras dos recursos energéticos, [

Figura 12].

A valoração de impactos do meio social no planejamento energético é um processo heterogêneo em relação à exeqüibilidade de produção e cálculo de indicadores. Os principais atributos a serem tratados na construção das carteiras são:

- 1. Geração de Empregos Durante a Construção e Operação de Usinas e Sistemas:** mensura o quanto um recurso pode trazer de benefícios em termos de números de empregos adicionais na região durante a construção e operação do empreendimento energético. A unidade de medida é a quantidade de pessoas beneficiadas com novos empregos em função do aproveitamento do recurso energético.
- 2. Percepção de conforto:** Mede o quanto um recurso pode trazer de benefícios em termos de conforto à sociedade. Pode ser medido através do número dos visitantes às áreas de recreação, proporcionadas pelo aproveitamento do recurso (exemplo, recursos hídricos), pelo número de reclamações das pessoas vizinhas ao local de instalação do empreendimento e assim por diante. No caso de recursos do lado da demanda, o conforto pode ser medido pelo índice de inserção de equipamentos eficientes em residências ou estabelecimentos comerciais, como reflexo da alteração destes ao espaço interno de consumidores.
- 3. Influência no Desenvolvimento:** mede as mudanças estruturais no desenvolvimento social local por conta da implementação de um determinado recurso. Pode ser medido por meio do crescimento de novas atividades econômicas, através das melhorias em infraestruturas existentes ou novas.

4. **Desequilíbrio Ambiental no Meio Social:** o atributo mensura a mudança no meio social devido à implementação de um determinado recurso no local como a construção de usinas hidrelétricas, termelétricas ou nucleares com efeitos específicos ao meio social. Dentre estes, estão: impactos na saúde humana, como consequência de emissões em usinas, impactos na agricultura como resultado do despejo de substâncias contaminantes no solo, entre outros.
5. **Impacto Humano Devido ao Espaço Ocupado:** o atributo mensura o quanto a sociedade poderá ser lesada com novos empreendimentos energéticos. Tem-se um exemplo claro no deslocamento de habitantes do entorno de hidrelétricas para outros lugares e as perdas sociais decorrentes desta mudança. O atributo também avalia perdas decorrentes da exploração de sítios arqueológicos para empreendimentos energéticos. Por outro lado, mede impactos na infraestrutura local, na saúde, etc., devido à chegada de grande número de imigrantes na região, principalmente quando da construção de grandes usinas hidrelétricas.

Figura 12: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Social

Fonte: FAPESP (Juliano, 2009)

3.4.1.4 Atributos da Dimensão Política

A dimensão política é essencial no estudo de carteiras por analisar o processo de decisões referentes ao desenvolvimento de recursos energéticos, considerando a multiplicidade de interesses capazes de potencializar ou inviabilizá-los a curto e a longo prazo.

Nesta análise, a decisão pela implementação de cada recurso energético deve minimizar os fatores conflitantes e assentar na convergência de anseios dos interessados e envolvidos dentro do desenvolvimento do recurso energético desde a sua exploração, no caso de reservas locais, à produção e sua utilização. Este grupo de atores envolve empreendedores de projetos, fornecedores de equipamentos, concessionárias de distribuição e transmissão que atuam na região, consumidores de energia, organizações não governamentais, associações, habitantes da área afetada, entre outros.

A análise desta dimensão considera o levantamento dos seguintes atributos, mostrados na Figura 13.

1. **Grau de Aceitação ao Recurso:** mensura a aceitação de um recurso pela sociedade, por meio de levantamento estatístico de informações coletadas junto à sociedade civil (ONGs e associações), governos federais, municipais e estaduais, geradores, distribuidores, consumidores residenciais, comerciais e industriais.
2. **Grau de Motivação dos Agentes:** análogo ao atributo anterior, medido também na base do levantamento estatístico das informações de todos os atores da região mencionados anteriormente.
3. **Conjunção e Encontro dos Interesses:** Mede o grau de consenso e divergência dos interesses dos En-In.
4. **Propriedade e Posse do Recurso:** busca identificar a posse de fontes energéticas, considerando sua disponibilidade e seu regime de concessão. Em complementação ao atributo domínio tecnológico da dimensão técnico econômica, avalia-se a disponibilidade local de cada fonte energética, bem como o estado da propriedade de utilização e comercialização de cada recurso que comporá a carteira dos recursos energéticos, cuja classificação é dividida em âmbito público, estatal e privado.

- 5. Apoio Governamental:** avalia os instrumentos políticos representados por programas, leis de incentivo, aportes de capital e regulatórios representados por decretos, normas e regras de licenciamento de projetos, capazes de apoiar ou reter o desenvolvimento de um dado recurso. O atributo é extremamente importante para a análise de incertezas das carteiras, ainda que sua mensuração seja difícil de ser realizada em termos quantitativos.

Figura 13: Fluxograma dos Atributos e Subatributos da Dimensão Política

Fonte: FAPESP (Galvão, 2009)

3.4.2 Determinação dos Atributos de Valoração dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda

As árvores dos atributos para valoração dos recursos energéticos de demanda são as mesmas utilizadas para valoração dos recursos de oferta nas quatro dimensões.

Neste bloco, cada atributo é valorado de forma qualitativa e quantitativa; a totalização destes custos de implementação do recurso são um dos fatores de composição das carteiras de recursos.

3.5 Normalização (ACC Determinística)

Uma vez valorados os atributos e subatributos para cada dimensão é feita a aplicação do método de Avaliação dos Custos Completos para normalização dos valores e posterior geração do ranking determinístico dos recursos energéticos, [Reinig, 2009].

A criação do ranking determinístico é baseada na avaliação dos critérios estabelecidos para análise nas quatro dimensões após a valoração dos seus atributos e subatributos, [Anexo 2].

3.6 En-In (Envolvidos e Interessados)

O processo de levantamento dos interessados e envolvidos incluiu visitas, encontros de trabalho, reuniões e oficinas e aplicação de questionários. Nesta etapa foram feitos contatos com as concessionárias que atuam na região, empresas de geração, distribuição e transmissão, os órgãos públicos e prefeituras locais, entre outros.

3.6.1 Determinação dos Recursos Analisados pelos En-In

Por meio do processo de caracterização dos recursos e critérios pré-estabelecidos os En-In através da dinâmica após oficinas organizadas devem preencher os formulários, dando as suas opiniões quanto aos recursos da sua preferência para a região. O resultado deste processo vai permitir selecionar os recursos que comporão a listagem dos recursos definidos pelos interessados e envolvidos e com isso permitir a identificação dos recursos de maior aceitação na região, [Anexo 2].

3.6.2 Determinação dos Critérios de Análise

Deve-se definir os critérios de análise de opinião dos envolvidos e interessados em relação ao processo do PIR, cuja discussão será detalhada no estudo de caso, [Anexo 2].

3.6.3 Elaboração e Aplicação de Questionários Junto aos En-In

Para permitir a coleta das informações dos envolvidos e interessados e avaliar os recursos de menor impacto, devem ser elaborados os questionários, incorporando os critérios de análise e os recursos em estudo.

Para a aplicação dos questionários, devem ser organizadas oficinas para cada dimensão (Técnico-Econômica, Ambiental, Social e Política) do PIR. A avaliação estatística das informações contidas nos questionários vão consolidar a visão dos En-In em relação aos recursos selecionados.

3.6.4 Aplicação do Processo Analítico Hierárquico (PAH) para Ordenação dos recursos

Nesta etapa, aplica-se o Processo de Análise Hierárquica, utilizando o software Decision Lens, para a determinação da ordem de prioridade dos recursos avaliados de forma qualitativa pelos interessados e envolvidos [Reinig, 2009].

Após analisar todas as informações na base dos critérios estabelecidos faz-se o ranqueamento qualitativo dos recursos.

3.6.5 Formação do Ranking Geral dos Recursos Energéticos

O cruzamento dos rankings determinístico e o qualitativo resulta na formação do ranking geral de recursos energéticos da região em estudo.

3.7 Inventário Ambiental

Nesta etapa, deve-se descrever detalhadamente as características da Região em estudo, apresentando dados referentes aos quatro meios correlacionados que definem o contexto ambiental local: os meios antrópico, terrestre, aquático e aéreo, [FAPESP: RTC- Inventario Ambiental, 2009] e [Kanayma, 2007].

Estas informações servirão de base para a definição das aptidões regionais de geração de energia, para uma posterior otimização da matriz energética durante o processo da construção das carteiras levando em conta todas as potencialidades regionais e seus possíveis efeitos. O inventário ambiental é a fonte destas informações que respaldam a determinação da capacidade de suporte da região; segundo os princípios do Planejamento Integrado de Recursos, esta deve ser respeitada para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável.

Na base de informações coletadas nesta etapa torna-se possível a reprodução dos cenários das interações ambientais da região a fim de amparar o tomador de decisão em relação à implementação do PIR.

3.7.1 Inventário do Meio Aéreo

O inventário aéreo deve envolver o levantamento de bacias áreas. Embora o nome sugira um volume da atmosfera, a definição dentro do contexto do PIR é de uma área cuja topografia, delimitada por uma cota mínima, dificulta a dispersão de poluentes gerados pelas atividades industriais, sócio-econômicas e setor de transporte.

As Bacias Aéreas por estarem submetidas a constantes estratégias de controle da poluição do ar podem ser consideradas verdadeiras unidades de gerenciamento da qualidade do ar, assim fornecendo os dados necessários para avaliação dos poluentes da região em estudo.

Os poluentes, medidos em toneladas ou toneladas por MWh, são: material particulado (MP), Dióxido de Enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos, como o Ozônio (O₃), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), entre outros.

3.7.2 Inventário do Meio Terrestre

O Inventário do Meio terrestre avalia diversos parâmetros, como biodiversidade, gestão de resíduos sólidos e alguns descritos sucintamente a seguir:

Geologia: são levantadas informações relacionadas às condições geológicas da região, principalmente relacionadas à formação dos diferentes tipos de rochas e sedimentos quaternários normalmente associados à rede de drenagem.

Erosão: avaliação do grau de susceptibilidade à erosão da região em estudo, que pode apoiar a previsão dos possíveis riscos na implementação dos empreendimentos energéticos e, conseqüentemente, o futuro desenvolvimento agrícola. A consideração destes riscos é primordial na construção de carteiras dos recursos energéticos.

Geomorfologia: o estudo da geomorfologia regional permite identificar os recursos minerais disponíveis e as formas do relevo local para a avaliação das direções das correntes do vento e transporte de poluentes.

3.7.3 Inventário do Meio Aquático

O inventário ambiental do meio aquático mapeia elementos relacionados à qualidade de água tais como: DBO (demanda bioquímica de oxigênio, em mg/l), o

índice de qualidade de água (IQA), o pH (indicador de acidez da água], a quantidade de coliformes fecais (em NMP/100 ml), a origem dos efluentes, as formas dos usos múltiplos de água pelos diversos setores das atividades econômicas, tais como: abastecimento público, industrial, afastamento de efluentes domésticos, agropecuários e industriais, irrigação de plantações, navegação e geração de energia elétrica, medidos em cargas por ponto de amostragem.

3.7.4 Inventário do Meio Antrópico

O inventário do meio antrópico apóia a construção dos cenários e construção das carteiras com informações de:

1. **Aspectos demográficos:** o crescimento demográfico e a distribuição da população na região.
2. **Panorama Econômico:** elementos como Produto Interno Bruto PIB [R\$], crescimento industrial, comercial e de agricultura;
3. **Aspectos Sociais:** taxas de mortalidade infantil, de longevidade, grau de escolaridade, condições de saúde, números de empregos, taxas de desempregos, condições de habitação e saneamento básico, índice de desenvolvimento humano (IDH), infraestrutura, rodovias, transporte, e outros elementos como políticas públicas, taxas de impostos, programas de incentivos, programas sociais e culturais e hábitos da população. De fundamental importância no planejamento energético e na modelagem das carteiras dos recursos energéticos.

3.8 Mapeamento Local

O Mapeamento Ambiental contém os indicadores ambientais que podem influenciar novas alternativas e projetos de expansão energética. Assim, o mapeamento poderá explicitar a situação atual de qualidade ambiental e compará-la

aos parâmetros identificados na legislação referente e normas internacionais e, com isso, determinar alternativas que poderão ser planejadas sem extrapolar esses limites-parâmetros ou padrões de qualidade pré-definidos.

O Mapeamento ambiental produz um retrato instantâneo dos parâmetros medidos, inferidos ou analisados que estejam de acordo com limites estabelecidos por órgãos de controle ou - como no caso de gases de efeito estufa a partir de metas de emissões e concentrações. A importância deste retrato reside em se considerar tais limites e concentrações quando da inclusão de um recurso ranqueado para atendimento da previsão de demanda de determinado cenário. Ou seja, quando o enésimo recurso vem a ser considerado para atender aos requerimentos de demanda, ele obrigatoriamente deve manter os níveis das restrições do mapeamento ambiental dentro dos limites estabelecidos; em caso contrário, o recurso a ser considerado para este requerimento passará a ser o recurso seguinte na classificação do ranqueamento.

O mapeamento energoambiental visa mapear os meios aéreos, antrópico e terrestre como segue nos próximos itens.

3.8.1 Mapeamento Aéreo

Apesar do mapeamento ambiental apresenta praticamente os mesmos parâmetros a serem levantados para o planejamento, as etapas têm diferenças.

No inventário ambiental são levantadas as informações relacionadas ao meio ambiente logo no início do estudo; a partir daí essas informações serão monitoradas através do mapeamento ao longo de todo horizonte de planejamento, levando em consideração a dinâmica dessas variáveis no tempo e no espaço. No mapeamento são levantados os poluentes como SO₂, material particulado MP₁₀, NO_x, O₃, CO₂, SO₂, dentre outros. Também se deve estudar as correntes do ar na região para melhor entendimento das possíveis direções de dispersão dos poluentes na região, facilitando as suas medições, bem como a avaliação das condições climáticas e variações de temperatura.

Para facilitar o processo o mapeamento também foi dividido nas seguintes categorias: mapeamento terrestre, aéreo, aquático e antrópico.

3.8.2 Mapeamento Terrestre

São avaliados indicadores de erosão, áreas da vegetação natural remanescente, áreas de pastagem, áreas utilizadas para o cultivo das culturas temporárias, fruticulturas, horticulturas, silviculturas, grau de uso e ocupação do solo e condições geológicas na região. Todos estes elementos devem ser relacionados com a produção de energia e computados na valoração dos recursos energéticos, [FAPESP: RTC- Mapeamento, 2009].

3.8.3 Mapeamento Aquático

O principal dado primário para o meio aquático a serem encontrados é a demanda global superficial de água (m^3/s) e subterrânea (m^3/s). Em seguida deve-se levantar as informações sobre o uso múltiplo desta água, ou seja, o consumo doméstico, agrícola, industrial, rural (irrigação). Neste mapeamento outros elementos a serem levantados são: a disponibilidade hídrica (m^3/s), o número de habitantes (hab.) que a região de estudo envolve, o consumo per capita de água ($\text{m}^3/\text{hab.}$), o coeficiente da disponibilidade hídrica ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$). Essas variáveis vão fornecer informações de base sobre o quanto é possível o uso múltiplo deste recurso, principalmente quando se pretende utilizá-lo para fins energéticos. Dependendo do tamanho do empreendimento é de fundamental importância. Ainda no mapeamento aquático precisa ser avaliada a produção diária de DBO (disponibilidade bioquímica de oxigênio, kg/dia), quantidade de esgoto (litros/dia), coliformes fecais (UFC/dia). Esse mapeamento também se estende aos aquíferos subterrâneos, [FAPESP: RTC- Mapeamento, 2009].

3.8.4 Mapeamento Antrópico

Uma vez definido o ranking geral dos recursos energéticos da região em estudo, o mapeamento verifica-se não houve alterações nas variáveis a serem utilizadas para a valoração dos recursos. No mapeamento antrópico deve-se avaliar continuamente parâmetros tais como: PIB (em milhões de R\$), IDH, volume de investimentos (em milhões de reais), total de empregos na região, avaliação das infraestruturas regionais (hospitais, escolas, estradas, etc.), condições de tratamento de esgoto, o grau de abastecimento de água potável e o nível de urbanização. Todos eles podem influenciar nos hábitos de consumo de energia e alterar os parâmetros de valoração dos recursos energéticos em avaliação, e conseqüentemente a formação das carteiras dos recursos energéticos para a região.

3.9 Cenários

Uma vez criado o ranking geral dos recursos, inicia-se a análise deste ranking para a construção das carteiras e planos de implantação dos recursos. Para isso, são criados cenários capazes de projetar o futuro da região. Esta fase pode ser realizada com o apoio do LEAP (Software de Planejamento ao Longo Prazo), [Fundacion Bariloche, 2004]. Para cada cenário deve ser construído um conjunto de carteiras que apoiarão a definição do Plano Preferencial de implantação destes recursos. Em seguida é construído o Plano de Ação, a partir da avaliação dos riscos e incertezas inerentes ao mercado de energia na região.

A construção dos cenários demanda um balanço do consumo energético regional.

3.9.1 Balanço Energético

No balanço energético deve-se avaliar quantitativamente todos energéticos consumidos na região, levantar a sua procedência, isto é, quais são importados e quais são produzidos localmente, [BEN, 2008]. Portanto, devem ser levantadas todas as informações sobre:

Oferta e demanda de energia local por fonte: nesta etapa deve-se contabilizar por fonte de energia, a produção, importação, exportação, variação de estoques, perdas, ajustes e consumo total desagregado por setor da economia. Este último permitirá visualizar onde faltará e quanto será necessário para suprir a demanda.

Consumo de energia por setor: nesta avaliação deve merecer atenção o cômputo total do consumo final de energia classificado por fonte primária e secundária, para cada setor da economia.

Intercâmbios de Energia: Neste levantamento devem ser coletados os dados sobre as importações e exportações de energia e da dependência externa de energia.

O balanço de energia deve refletir também os centros de transformação, apresentando os dados de centros de transformação e as suas perdas.

Em seguida no balanço devem ser avaliados os recursos e as reservas energéticas, contemplando as informações sobre os recursos e a quantidade das reservas das fontes primárias.

Finalmente, o balanço deve avaliar a questão da energia e da socioeconomia. Estas informações irão fundamentar a construção dos cenários e as projeções das demandas.

3.9.2 Construção de Cenários e Previsões de Demanda

Os cenários a serem criados devem refletir as descrições de um futuro possível, imaginável ou desejável para a região, buscando de forma clara neste contexto o caminho ou a trajetória que o conecta com a atual situação de

desenvolvimento. O estudo dos cenários permite sintonizar as visões de futuro dos tomadores de decisões, tornando explícitas as premissas em que se baseiam suas decisões, permitindo ainda configurar evoluções prováveis do ambiente de atuação da região e da demanda por serviços, antecipar ameaças e oportunidades para as empresas do setor.

Portanto, no estudo para validação do modelo de seleção de carteiras na Região, serão analisados os cenários que refletem os futuros ambientes, a partir de um cenário de referência que caracterize a evolução futura considerada mais provável para a região com base nas informações coletadas.

Os cenários serão criados com base em projeções e previsão da demanda, utilizando o software LEAP (Sistema de Planejamento de Longo Prazo de Alternativas Energéticas) como ferramenta de apoio [Fundacion Bariloche, 2004].

Para compor a base de análise, serão utilizados elementos como: formas de satisfazer o requerimento energético; usos finais; disponibilidade de energéticos ao longo do tempo; efficientização do uso da energia; evolução da política externa e preços internacionais; definição do papel do governo local no sistema energético, entre outros.

3.9.3 Cenário Tendencial ou Cenário de Base

O Cenário Tendencial é o alicerce em que se apóia a projeção dos dados de demanda e oferta, seja para basear-se na política, economia e sociedade vigente, seja para subverter tais dados com a quebra de paradigma. Tal alicerce conta com parâmetros base em setores, sub-setores e serviços energéticos. No caso do estudo, suas tendências não serão meras projeções futuras de dados históricos, apesar de, muitas vezes a tendência coincidir com tais projeções, quando se trata de setores ou mercados maduros, e sim tendências de crescimento, distribuição, evolução de eficiências e perspectivas sociais, econômicas ou de políticas para cada setor.

Tal cenário conta com premissas de políticas energéticas que prevêm substituições de tecnologias, modificações em infraestrutura de base ou de ponta,

incentivos a determinados setores para impulsionar o crescimento e alguns outros que serão descritos em seguida.

Crescimento Geométrico dos Setores: Deve ser considerado durante a construção dos cenários, pois determinados setores podem apresentar um crescimento percentual ano a ano, tanto em número de estabelecimentos quanto de consumo energético individual.

Acesso à Energia: Uma das premissas do PIR para o cenário prevê que em curto prazo ou médio prazo haja acesso universal à energia elétrica na região.

Distribuição Rural/Urbana da População: O cenário deve considerar a distribuição populacional entre zona rural e zona urbana, considerando suas diferenças em relação ao acesso à energia.

Distribuição de Renda: A melhoria da distribuição de renda da população é também uma premissa apoiada na dimensão social do PIR. Portanto, antes da construção, ainda na fase da elaboração dos cenários, esse parâmetro tem que ser levado em consideração, verificando-se o histórico pelo menos dos últimos 15 anos ou seguindo projeções socioeconômicas que permitam avaliar alterações na redistribuição de renda entre classes.

Modificações no perfil de uso de serviços energéticos: torna-se necessário considerar esse elemento nos cenários e nas projeções por conta da troca das tecnologias menos eficientes por mais eficientes. No Cenário Tendencial, considera-se que na região o processo de mudanças das tecnologias menos eficientes para mais eficientes ocorre de forma natural (para os países desenvolvidos), devido à conscientização da população no sentido de uso racional de energia, deixando os outros possíveis casos para cenários sustentáveis.

Crescimento dos setores das atividades econômicas: Para este parâmetro, o Cenário Tendencial deve considerar os índices de crescimento anual dos setores comercial, industrial, agrícola e turístico.

Geração e Distribuição: A distribuição de energia elétrica deve ser avaliada para identificar se não existem gargalos no sistema, demanda reprimida, ou se haverá necessidade no futuro próximo de expansão do sistema de geração. A geração de energia elétrica deve contar com as formas de energia, com base nos recursos energéticos disponíveis localmente, para garantir a sustentabilidade regional, que devem ser classificados de acordo com o ranking a partir do processo de análise hierárquico (PAH) acima discutido.

Como a proposta do PIR é garantir a sustentabilidade a menor custo e maiores benefícios possíveis, também devem ser estudados outros cenários além do Tendencial, tais como o Cenário Sustentável com as premissas apresentadas no próximo item.

3.9.4 Cenário Sustentável

As premissas básicas para o cenário sustentável e sua diferenciação para o Cenário Tendencial estão principalmente no aproveitamento dos recursos energéticos priorizando fontes que trarão menores impactos nas dimensões de análise do PIR e melhorias na eficiência do uso final e no uso das fontes de energia.

O cenário sustentável propõe uma análise de quebra de paradigma do Cenário Tendencial, buscando formas de ilustrar o que é possível alcançar com mudanças estruturais políticas e sociais.

Melhorias na distribuição de renda e acesso aos serviços energéticos:

Um cenário sustentável deve sê-lo não apenas no aspecto energético ou econômico, mas sustentar todas as variáveis que destes decorrem ou que os afetam. A distribuição de renda, a educação e o incremento no acesso a bens e serviços tanto afetam quanto são afetados pelas políticas energéticas, suas tarifas e oferta, bem como pelo crescimento econômico de determinado setor ou de toda a sociedade. Para um crescimento sustentável deve-se considerar que a distribuição de renda da região apresente significativa melhora para todas as classes da população.

Crescimento econômico sustentado: A sustentabilidade aqui mencionada está longe de ser apenas econômica, mas não se pode diminuir a importância que a economia tem na capacidade de uma sociedade fornecer subsídios para o incremento de outros índices e variáveis que levam a esta sustentabilidade. Tal crescimento deve dar suporte à quebra de paradigma proposta.

Eficiência Energética: A idéia de sustentabilidade aqui referida está intimamente ligada à eficiência energética, com que os recursos são aproveitados. Tanto maior a eficiência do sistema, maior a chance de que seja sustentável no que tange ao aproveitamento dos recursos. Para isso, as políticas energéticas devem ser

incentivadoras ou, por vezes, austeras quanto ao incremento de eficiência no sistema energético em questão.

Poder de Compra: Intimamente ligado aos itens anteriores, o poder de compra traz a possibilidade de que certa parcela da população passe a ter acesso a serviços energéticos antes restritos a classes mais altas, bem como a aparelhos novos que seguem a tendência de diminuição na intensidade energética.

O desenvolvimento sustentável é um conceito que, apesar de discutido à exaustão, exige uma quebra de paradigma para que possa ser implantado e observado no longo prazo. E essa ruptura passa por modificar a forma com que se planejam e executam as políticas energéticas que vão desenhar o crescimento deste setor e todas as nuances anteriormente mencionadas neste item. Nesse sentido se definem pelo menos políticas evidenciadas e consagradas tais como:

- Fim do uso de iluminação incandescente;
- Incentivo à eficiência energética;
- Utilização de Recursos Energéticos do Lado da Oferta que causem menores impactos.

Geração e Distribuição: A distribuição de energia elétrica deve apresentar uma redução linear nas perdas de transmissão e distribuição, partindo dum valor no ano base até chegar um valor mínimo possível ao longo do período de planejamento energético e manter-se estável a partir daí.

3.9.5 Cenário Otimista

O cenário otimista, ao contrário do cenário sustentável, não traz quebras de paradigmas em sua concepção, mas apenas um crescimento dos números dos cenários tendenciais, incluindo aqueles que contribuem para o aumento da participação de usos eficientes de energia tais como: crescimento residencial, comercial, industrial e agrícola, [Bernal: RTC- Cenários, 2009].

3.10 Previsão de Demanda

Entre as diversas premissas em que se apóiam as projeções da demanda de energia elétrica destacam-se:

Crescimento econômico: as projeções da demanda devem considerar o crescimento sustentado do PIB ao longo do horizonte de planejamento definido.

Crescimento demográfico: as premissas de crescimento demográfico devem estar compatíveis com as recentes reavaliações dos órgãos de estudos demográficos.

Premissas setoriais: setores industriais eletrointensivos no Brasil, por exemplo, respondem, se tomados em conjunto, por cerca de 41% da demanda industrial de energia elétrica. Além disso, a carga de novos projetos de grande porte introduzir alterações não modeláveis na trajetória de evolução da demanda. Assim sendo, precisa-se para estes setores estabelecer premissas específicas, que dizem respeito principalmente à evolução de sua capacidade instalada.

Desta forma, a previsão das demandas se procede na base dos cenários acima descritos. Portanto, devem ser analisados os três cenários: Tendencial, Sustentável e Otimista. Na base destes deve ser feita a integração dos recursos e posteriormente construídas as carteiras dos recursos energéticos.

No Cenário Tendencial deve-se caracterizar os consumos dos energéticos e da eletricidade por setores: industrial, comercial, residencial e público.

Para cada setor necessariamente deve-se estratificar os consumos por sub-setores de cada atividade para ver qual deles tem a tendência de maior crescimento.

Por exemplo, no setor residencial, precisa-se estratificar o consumo de energia elétrica por classes de consumo (Classe A, B, C, D).

No setor industrial deve-se estratificar o consumo pelas características dos equipamentos a serem utilizados e pelo tipo de indústria, se é eletro-intensivo ou não.

No setor comercial deve-se estratificar o consumo de energia pelo tipo de comércio e pelas características dos equipamentos de usos finais utilizados.

Além destes setores de consumo é necessário também levantar os dados do consumo de energia na zona rural estratificando os consumos rural residencial, rural comercial e agroindustrial.

Tendo os valores destes consumos de energia faz-se as previsões das demandas a longo prazo na base dos cenários construídos. É bom fazer previsão para cada setor individualmente para depois fazer o cômputo geral destas previsões.

3.11 Carteiras dos Recursos Energéticos

O processo de construção das carteiras se inicia com a integração dos recursos energéticos da listagem resultante do processo do cruzamento dos rankings determinístico (ADCC) e holístico (AHCC).

3.11.1 Integração dos Recursos Energéticos

A Integração dos recursos energéticos visa o atendimento da demanda de energia ao longo do horizonte de planejamento definido, considerando os potenciais de cada recurso energético, o seu ranqueamento, obedecendo aos limites impostos seja pela legislação vigente, seja pelo propósito de construir uma determinada carteira que atenda a um determinado objetivo, quando cruzadas as informações com o mapeamento.

Para a integração definem-se neste modelo as restrições que devem ser levadas em consideração e posteriormente desenvolve-se um modelo matemático que permite fazer a otimização e obter uma carteira dos recursos.

São consideradas as restrições ambientais [Figura 12], (variáveis medidas no inventário ambiental e posteriormente monitoradas pelo mapeamento local), técnico-econômicas [Figura 8], sociais [Figura 13], políticas [Figura 14], investimentos e atendimento à carga projetada (mede o quanto a carteira construída é capaz de satisfazer a carga projetada para aquele intervalo do horizonte de planejamento ou complementar o sistema interligado na região).

Uma vez definidas as possíveis restrições, ou seja, as variáveis que podem influenciar a tomada de decisão, deve-se fazer um estudo do mercado para verificar

seu comportamento naquele intervalo de planejamento, como mostra a próxima etapa do modelo.

3.11.2 Definição dos Parâmetros do Mercado

Para esta análise devem-se adotar os parâmetros vigentes no mercado local tais como: taxa de atratividade, taxa de retorno e PML (Preço Médio de Leilões) utilizados comumente no Brasil.

3.11.3 Fixação do Ranking do Recurso

Este bloco do modelo procura amarrar o ranking do recurso determinado pelo processo de Avaliação do Custo Completo (ACC) definido no ranqueamento através do modelo matemático apresentado no próximo item.

3.12 Modelo Matemático para Integração e Otimização da Carteira

Após a criação dos cenários, previsões da demanda e pré-seleção dos recursos energéticos através do processo de ranqueamento geral, desenvolveu-se um modelo matemático simplificado para testar as condições de composição das carteiras e alocação dos recursos ao longo dos intervalos do período de planejamento.

O modelo proposto é equacionado através de uma programação linear, implementado no programa EXCEL, onde se utiliza o pacote de otimização **What'sBest®** desenvolvido pela *LINDO systems*⁸, para resolvê-lo.

⁸ www.lingosystems.com

Para a integração dos Recursos energéticos no PIR foram desenvolvidas duas metodologias: uma para integração dos recursos ranqueados com o software DL (Decision Lens) e um modelo analítico que permitiu a construção das carteiras. Este modelo está sucintamente descrito nos próximos itens.

3.12.1 Objetivo do Modelo

O modelo desenvolvido para integração e construção de carteiras para o PIR tem como objetivo principal amarrar todas as variáveis das dimensões do PIR, relacionadas ao meio ambiente, aos custos de investimentos nos recursos energéticos que comporão a carteira e aos limites de vida útil de cada recurso que integra a carteira.

A carteira construída terá como objetivo principal satisfazer a demanda local e a demanda de exportação da região, maximizando os retornos com a venda de energia.

3.12.2 Variáveis de Decisão

Neste trabalho de pesquisa foram consideradas duas variáveis de decisão:

Potência (Pot): Decidir o quanto investir em cada recurso para cada ano no horizonte de Planejamento, que é de 30 anos;

Energia Gerada (EP): Decidir quanto gerar de energia com cada recurso de oferta i disponível (recursos de demanda obrigatoriamente geram toda energia possível) em cada ano t para cada cenário s . Uma vez definidas as variáveis de decisão define-se a Função Objetivo como segue no próximo item.

3.12.3 Função Objetivo

A Função Objetivo deve maximizar o retorno dos investimentos das carteiras, além da integração dos recursos energéticos para atender as cargas projetadas.

Maximizar o Retorno [R]

$$R = \sum_{t=0}^H (1 + \alpha)^{-t} \left[\sum_i^n \sum_s^4 \rho_s \cdot (PML^t - CAEQ_i^t) \cdot GF_i \right] \dots\dots\dots \text{Equação 4}$$

Sendo que:

ρ_s : Probabilidade de ocorrência do cenário s ;

α : Taxa de atratividade;

t : o ano de planejamento;

H : Horizonte de planejamento;

n : quantidade de recursos a serem integrados;

k : número de cenários do PL (Preço Médio de Leilões);

GF: Garantia física da potência para a produção de energia pelo recurso i no ano t para o cenário s , [MW];

A garantia física das usinas é a quantidade de energia que as usinas hidrelétricas, termelétricas e projetos de importação de energia podem comercializar, conforme estabelecido na lei nº 10.848 de 15 de Março de 2004⁹.

Em 17 de novembro de 2004 o CNPE (Conselho nacional de Política Energética) estabeleceu, por meio da resolução nº 1, o critério geral de garantia de suprimento aplicável ao cálculo das garantias físicas de energia e potência de empreendimentos de geração de energia elétrica. Foi o critério adotado para formação de carteiras dos recursos energéticos neste modelo com algumas simplificações, utilizando valores médios conhecidos de garantias físicas das usinas.

Portanto, para a formulação do modelo que maximize o retorno de uma carteira de recursos energéticos dentro do PIR, foi introduzido o critério de garantia física de

⁹ EPE: Nota Técnica MME/CCPE-NOS, “Garantia Física de Energia e Potência, Metodologia, Diretrizes e Processo de Implantação”, anexa à Portaria MME 303, de 18 de Novembro de 2004.

energia e potência para melhor utilização dos recursos energéticos que comporão a carteira.

Deste modo, a garantia física é calculada como:

Rateio do bloco hidrelétrico: o rateio da oferta hidráulica (EH), pelo conjunto das usinas hidrelétricas da configuração, é feito proporcionalmente à energia firme de cada usina. A EH (Energia Hidráulica) neste modelo não foi calculada, mas sim adotado valores da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), que normalmente são obtidas com auxílio do modelo de simulação a usinas individualizadas **MSUI**. Neste análise a energia firme é a energia de uma usina que corresponde à geração media nos meses do período critico. Ela é obtida por simulação a usinas individualizadas do sistema integrado puramente hidrelétrico, utilizando series de vazões históricas e sendo limitada disponibilidade máxima de geração continua da usina. Também para este efeito neste trabalho da tese foram adotados valores conhecidos.

A equação (5)¹⁰ apresenta o rateio do bloco hidráulico entre as usinas hidrelétricas constantes do estudo.

$$GF_{local} = EH \times \frac{EF_h}{\sum_{h=1}^{nh} EF_h} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

h = usina hidrelétrica;

nh = número de usinas hidrelétricas na configuração

EH: ofertas hidráulicas, [MW].

EF_h: Energia firme das usinas hidrelétricas, [MWh];

$$EH = FH * \sum_{s=1}^{nss} ccritica_s \quad \text{Equação 6}$$

Sendo que:

s= subsistema;

ccritica: carga crítica, [MWh]

nss: número de subsistemas

¹⁰ Formula extraída do relatório da metodologia de calculo da garantia física da EPE.

FH: fator hidrelétrico é obtido na simulação com o modelo **NEWAVE**. Nesta análise foram adotados valores já conhecidos¹¹.

$$FH = \frac{\sum_{s=1}^{nss} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^{2000} gh_{i,j,k} \times CMO_{i,j,k}}{\sum_{s=1}^{nss} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^{2000} \left[gh_{i,j,k} + \sum_{l=1}^{nt(s)} gt_{i,j,k,t,s} \right] \times CMO_{i,j,k,s}} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

s= subsistema

nss: número de subsistemas

FH: Fator hidrelétrico

i: mês

j: ano

k: série

t: usina térmica

gh: geração hidráulica total (controlável + fio d'água + vazão mínima);

gt: geração térmica total (inflexibilidade + geração flexível);

CMO: custo marginal de operação;

nt(s): número de térmicas do subsistema **s**;

CAEQ: Custo anual equivalente do recuso **i** que inclui um custo anual de investimento (CI (R\$/MWh)* FRC + Custo Variável).

$$CAEQ = \left[\frac{CI_i^t \cdot Pot_i^t \cdot FRC}{GF_i \cdot 8760} + \frac{FCAP_i \cdot CV_i \cdot Pot_i^t \cdot H_i^t}{GF_i \cdot 8760} \right] \quad \text{.....Equação 8}$$

Onde:

CI: Custo de Investimento, [R\$/MW];

FRC: Fator de Recuperação de Capital, [%];

$$FRC = \frac{\alpha (1 + \alpha)^{VU}}{[(1 + \alpha)^{VU} - 1]} \quad \text{.....Equação 9}$$

Sendo:

¹¹ A equação 7 também extraída do relatório da metodologia de calculo da garantia fisica da EPE. Utiliza a configuração estática, horizonte de 5 anos e 2000 séries sintéticas de energias afluentes para o calculo da FH.

VU: Vida Útil, [Anos];

H: número de horas de utilização do recurso;

α : Taxa de atratividade, [%];

FCAP: fator de capacidade da usina;

CV: Custo variável no ano t para i -ésimo recurso, inclui custos de operação e manutenção e custo de combustível.

PML: Preço médio dos leilões de energia de longo prazo projetado para o ano t , [R\$/MWh];

Pot: Potência Instalada investida no recurso i no ano t , já considerando fator de carga, [MW];

Para as usinas térmicas e eólicas a garantia física é calculada usando a mesma metodologia como segue:

Rateio do Bloco Termelétrico e Garantia Física: ela deve ser limitada ao valor de sua disponibilidade máxima de geração contínua ($D_{\max t}$), [Eq. 10].

$$D_{\max t} = Pot_{ef} \times FC_{\max} \times (1 - TIEF) \times (1 - IP) \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

Pot_{ef}: Potência Efetiva da Usina, [MW];

FC_{Max}: Fator de Capacidade Máximo da usina, [%];

TEIF: Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada da usina;

IP: Indisponibilidade Programada.

Segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), a oferta térmica deve ser compatibilizada à disponibilidade da usina, sendo o excedente distribuído entre as demais térmicas da configuração na proporção de suas ofertas originais, também limitado à disponibilidade máxima de geração contínua.

Sendo assim, a oferta térmica é calcula pela equação 11 seguinte:

$$ET(t,s) = FT(t,s) \times \sum_{s=1}^{nss} ccritica_s \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

ET: oferta térmica de energia, [MW];

FT: Fator térmico de cada usina térmica t

t: usina térmica;

s: subsistema.

Sendo que:

$$FT(t,s) = \frac{\sum_{s=1}^{nss} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^{2000} gt_{i,j,k} xCMO_{i,j,k}}{\sum_{s=1}^{nss} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=1}^{2000} \left[gh_{i,j,k} + \sum_{l=1}^{nt(s)} gt_{i,j,k,t,s} \right] xCMO_{i,j,k,s}} \quad \text{Equação 12}$$

Os fatores FT (fator térmico) e FH (fator hidráulico) correspondem à participação relativa das gerações hidráulica e térmica na geração total da carteira dos recursos energéticos e são calculados com base em uma ponderação pelo custo marginal de operação, sendo estas variáveis podem ser obtidas na simulação com o modelo **NEWAVE**.

Portanto, a garantia física das UTE (Usina termelétricas) inflexíveis ou custo variável unitário (CVU) nulo pode ser calculada pela Equação 13:

$$GF = \frac{\sum_{m=1}^{12} Disp_m}{12} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

GF: garantia física da usina, [MW];

Disp_m: é a disponibilidade mensal da usina na carteira;

Para usinas eólicas a garantia física pode ser calculada pela equação 14:

$$GF = \frac{\sum_{m=1}^{12} E_m}{8760} \quad \text{Equação 14}$$

Tendo a formulação das garantias físicas de cada usina, procede-se com a definição do modelo genérico, [Equação 15], para simulação de carteiras, maximizando o ranking e o retorno como segue:

$$R = \sum_{t=0}^{HZ} (1 + \alpha)^{-t} \left[\sum_i^n \sum_s^4 \rho_s \cdot (PML^t - CAEQ_i^t) \cdot GF_i \right] \quad \text{Equação 15}$$

Substituindo a Equação 8 na Equação 15, tem-se a equação 16:

$$R = \sum_{t=0}^{HZ} (1 + \alpha)^{-t} \left[\sum_i^n \sum_s^k \rho_s \cdot \left(PML^t - \left(\frac{CI_i^t \cdot Pot_i^t \cdot FRC}{GF_i \cdot 8760} + \frac{FCAP_i \cdot CV_i \cdot Pot_i^t \cdot H_i^t}{GF_i \cdot 8760} \right) \right) \cdot GF_i \cdot H_i^t \right] \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

R: Retorno esperado da carteira, [R\$];

HZ: horizonte de planejamento, [Anos];

α : Taxa de atratividade, [%];

n: número de recursos para integração e formação da carteira;

ρ_s : Probabilidade

s: Cenário de PML no ano t;

k: número de cenários de PML;

PML: Preço Médio de Leilões de longo prazo projetado para o ano **t**, [R\$/MWh];

CAEQ: Custo anual equivalente, [R\$/MWh];

CI: Custo de Investimento, [R\$/MW];

Pot: Potência

FRC: Fator de Recuperação do Capital;

FCAP: Fator de Capacidade, [%];

CV: Custo variável do recurso i, [R\$/MWh];

H: número de horas de utilização do recurso i no ano t, [Horas];

GF: Garantia Física da Usina com o recurso i;

3.12.4 Restrições do Modelo

Para a simulação, foram adotadas restrições em relação às potências máximas e mínimas, aos limites de poluentes, de investimentos e do potencial realizável definido pelo PIR.

Produção máxima: Exige que a produção de energia com cada recurso de oferta i , para cada cenário s em cada ano t seja igual ou menor que a produção máxima da capacidade de geração investida neste recurso até o ano t .

$$EP_{i,s}^{t_f} \leq \sum_{t=1}^{t_f} Pot_i^t \cdot 8760 \quad \text{Equação 17}$$

Onde:

EP: Energia produzida com o recurso i no ano t , [MWh];

Pot: Potência instalada do recurso i no ano t , [MW];

t_f : Tempo que o recurso entrou na carteira produzindo a energia, [Anos];

i : i -ésimo recurso;

s : cenário do PML;

Produção Mínima: Exige que a carga projetada para cada cenário s seja satisfeita em cada ano t .

$$[E_{imp,s}^t + \sum_i^n EP_{i,s}^t] - \Delta C^t \geq 0 \quad \text{Equação 18}$$

Onde:

E_{imp} : Energia Importada, [MWh];

EP: Energia produzida no t para o cenário do PML com o recurso i , [MWh];

ΔC : Diferença da carga projetada, [MWh].

Ou Seja,

$$\sum_{i=1}^n GF_{i,s}^t \times 8760 \geq \Delta C \quad \text{Equação 19}$$

Onde:

GF: garantia física do recurso i no ano t , [MW];

ΔC : Diferença da carga de energia projetada para o ano t no cenário s , [MWh].

n : quantidade de recursos energéticos na carteira;

i : i -ésimo recurso.

Limites de Poluentes: Exige que a emissão de poluentes do total de geração da carteira em cada ano t seja menor que o limite de emissão para cada tipo de poluente. Para o caso de CO₂ tem-se:

$$\sum_i^n EP_{i,s}^t \cdot GC_i \leq \text{LimiteCO}_2^t$$

Equação 20

GC: Geração de CO₂ do recurso i por unidade gerada, [tonCO₂/MWh];

LimiteCO₂: Limite de emissão de CO₂ para o ano t , [tonCO₂];

De modo análogo definem-se os limites para NO_x, SO_x e CH₄.

Limites de Investimentos: Exige que o total investido para cada ano t seja menor ou igual ao total disponível para investimento no respectivo ano. O modelo trata a questão de investimentos de duas formas: quando a necessidade é satisfazer a condição do maior ranking (PER) resultante do processo da Avaliação Determinística dos Custos Completos (ADCC), o modelo se restringe em considerar o recurso com maior ranking possível, sem se importar com o quanto vai ser investido neste potencial e o quanto será o retorno, assim respeitando o conceito do PIR, que considera os benefícios sociais acima dos benefícios financeiros a curto prazo ou médio prazo.

$$\sum_i^n CI_i^t \cdot Pot_i^t \leq \text{LimiteI}^t$$

Equação 21

Limite I: Limite de investimento na capacidade instalada no ano t , [R\$];

Por outro lado, o modelo considera o limite do investimento, quando é informado sobre o quanto pode investir. Neste caso, ele produzirá a carteira com a composição dos recursos possíveis de serem investidos na sua capacidade instalada dentro do limite do volume de investimento existente.

Potencial Realizável (PR): Exige que o investimento em capacidade instalada para cada recurso i respeite o tempo de implementação e o potencial realizável da região para todo ano t .

$$\sum_{t=1}^{t-TI_i} Pot_i^t \leq PR_i$$

Equação 22

para todo i em cada ano t .

TI: Tempo de implementação, [Anos];

PR: potencial realizável do recurso i , [MW]

Se $TI \geq t$, então $PR = 0$, logo $t - TI_i = 0$

Caso contrário, $PR = PR$

Geração de Empregos: Exige a geração de uma quantidade mínima de empregos para cada ano t , considerando os empregos gerados para construção e operação de cada recurso i . Dada restrição permite fazer tratamento de alguns atributos políticos, principalmente quando a decisão é priorizar carteiras com recursos energéticos que tragam os maiores benefícios sociais ou o estabelecimento de metas de melhorias das condições da população, gerando o maior número de empregos. Portanto, esta restrição no modelo permite formar carteiras que priorizem essa condição.

$$\sum_{t=TI_i}^{t_f-1} \sum_i GEC_i \cdot Pot_i^t + \sum_{t=t_f-vu_i}^{t_f} \sum_i GEO_i \cdot Pot_i^t \geq [E(1+j)^{t-1} - E] \cdot \omega \quad \text{Equação 23}$$

Para todo t .

GEC: Geração de Empregos na Construção de cada recurso i por unidade de potência assegurada instalada, [Empregos/MW];

GEO: Geração de Empregos na Operação de cada recurso i por unidade de potência assegurada instalada, [Empregos/MW];

E: Número de Empregos totais da RAA;

j: Porcentagem de empregos que precisam ser gerados para atender as pessoas que entram na idade produtiva, ou seja, aumento de pessoas ativas em relação ao total de empregos;

ω : Porcentagem que será atendida dos empregos pela expansão da produção de energia.

3.12.5 Formação de Carteiras dos Recursos Energéticos

As possibilidades de combinação de investimentos para satisfazer as restrições do modelo são infinitas. Para facilitar a análise, podem-se gerar carteiras com investimentos de 0 a 100% do potencial de cada um dos recursos, uma discretização com passos de 50%. Então, para cada um dos “n” recursos existem 3 possibilidades de investimento (0, 50% e 100%) e, portanto, 3^n , ou seja, o número mínimo de carteiras ou combinações possíveis de investimento. Observando as inúmeras possibilidades de combinações de carteiras, vê-se que é impossível simular todas estas combinações com os recursos de *software* e *hardware* normalmente disponíveis. Para isso optou-se por uma heurística para formação da carteira.

Adiciona-se a restrição “Ranking Final” dos recursos.

$$X - 5 \leq \sum_i \sum_t \text{Pot}_i^t \cdot R_{qi} \leq X \quad \text{Equação 24}$$

R_q: Ranking do recurso *i* resultante do DL;

X: parâmetro utilizado para criar a flexibilidade na verificação do retorno em função da variação do produto [$\text{Pot}_i \cdot R_{qi}$], onde valor de “5” é um passo. Pode ser um outro valor qualquer.

Uma rotina implementada em VBA roda o modelo para X, variando de $X_{\min}$ a $X_{\max}$ com valores discretos. Para cada valor de X a carteira é otimizada para obter-se o máximo retorno.

Em cada simulação da rotina anterior, a série de PML varia segundo a Equação 25 para cada ano *t*.

$$\text{PML}^t = \text{PML}_{\max} - \text{Aleatório} \cdot (\text{PML}_{\max} - \text{PML}_{\min}) \quad \text{Equação 25}$$

Onde:

PML: Preço Médio dos Leilões, [R\$/MWh];

PML_{max} e **PML_{min}**: Preços máximos e mínimos de leilões respectivamente, [R\$/MWh];

Aleatório: é um função que retorna um número entre 0 e 1 distribuído igualmente.

3.12.6 Simulação de Carteira dos Recursos Energéticos

A simulação de carteira pode ser feita através da geração duma série histórica dos preços de PML através do Método de Monte Carlo. Em seguida faz-se análise da estabilidade do desvio padrão do retorno esperado da carteira em função do número de simulações com diferentes cenários de PML, podendo observar a variação dos desvios padrões calculados para cada ano t . As carteiras simuladas são armazenadas no bloco de “Conjunto de Carteiras Ótimas”, que posteriormente são usadas para análise de risco e incertezas associadas ao comportamento do mercado e para formação do Plano Preferencial, que reúne as carteiras ótimas e viáveis para a satisfação das cargas projetada.

3.13 Redefinição dos Parâmetros do Mercado e Ranking

A redefinição dos parâmetros do mercado é feita quando, durante a integração dos recursos, torna-se impossível criar uma carteira que satisfaça a demanda, as restrições estabelecidas ou por razões relacionadas aos custos fixos de cada recurso.

3.14 Análise de Risco e Incertezas

O modelo desenvolvido tem a capacidade de avaliar qualquer parâmetro que possa levar a um determinado nível de risco. Os riscos considerados mais comuns no setor elétrico são os riscos tecnológicos, riscos de operação e riscos ambientais nos sistemas de produção de eletricidade.

Dentro do planejamento de sistemas energéticos a longo e médio prazos, algumas incertezas devem ser consideradas, tais como os preços de energia elétrica, no caso de uma central interligada, e de mercado, caso seja uma geração descentralizada isolada do restante do sistema elétrico. Todas estas avaliações

correspondem a um valor médio mais provável (admitindo uma distribuição normal) e um desvio padrão associado.

Figura 14: Fluxograma para Modelagem das variáveis para Análise de uma carteira dos Recursos Energéticos.

Fonte: Elaboração própria.

Na linguagem financeira, o desvio padrão é normalmente chamado de "risco", o que será aqui adotado. Em geral, pode-se diminuir o risco de uma estimativa refinando-se os estudos, sendo, entretanto, impossível reduzi-lo a zero. As variáveis (tecnológicas, ambientais e do mercado) acima citadas, com exceção do investimento inicial, apresentam um risco crescente com o tempo. Portanto, o monitoramento destas variáveis é necessário ao longo de todo período de planejamento, o que é possível ser feito através do modelo desenvolvido. Na Figura 14, para melhor ilustrar o processo de análise de riscos e o método adotado, são apresentados os elementos em que se apóia a análise.

Procede-se com a avaliação dos níveis de riscos, usando as médias-variância dos preços de PML.

Essa etapa de análise ou de simulação envolve os seguintes blocos:

Recursos Energéticos: Obtidos por meio do ranking geral do DL (Software Decision Lens), (Cicone, 2008 e Reinig, 2009);

Riscos Toleráveis: níveis de riscos que não violam os limites estabelecidos pelas restrições no modelo.

Medidas de Performance (Desempenho): medidas que devem ser tomadas quando o nível de risco de um dos parâmetros monitorado ultrapassar o limite aceitável dentro das condições definidas nas dimensões de análise.

O tratamento destas variáveis para seleção da carteira é determinante na escolha da carteira bem sucedida.

Variabilidade (Risco): possíveis variações ou mudanças nos parâmetros, tais como: cargas do consumo de energia elétrica, mudanças das características dos recursos que compõem a carteira, variações dos preços dos combustíveis, principalmente aqueles importados, que podem ser influenciadas pela variação cambial ou pelas decisões políticas e preços do mercado.

Incertezas: As incertezas são associadas, fundamentalmente, às variações dos níveis medidos durante o mapeamento das emissões de CO₂, NO_x, dentre outras. Também há grande incerteza em relação ao comportamento da carga a longo prazo. Finalmente, as possibilidades de mudanças nas categorias dos recursos energéticos que compõem a carteira é uma incerteza ao longo do período de Planejamento Energético.

Carteiras Futuras: cada vez que é verificada a alteração em algum dos parâmetros, será feita uma nova simulação para formar nova carteira preferencial que atenda a uma nova situação da necessidade de energia no sistema elétrico da região.

Carteira preferencial: é a carteira que apresenta melhor opção para atender as cargas projetadas após a avaliação de todas as variáveis do Cenário Tendencial. É através dela que será construído o plano preferencial para o desenvolvimento da região.

3.15 Plano Preferencial

O Plano Preferencial é o plano de orientação para tomada de decisões de investimentos e elaboração de projetos estratégicos para o desenvolvimento da Região. É o produto final do PIR.

3.16 Plano de Ação

O Plano de Ação é o plano onde são definidas todas as ações a serem tomadas para o aproveitamento dos recursos energéticos que compõem o Plano Preferencial. Portanto, é uma etapa que depende das decisões a serem tomadas para a utilização de cada recurso do Plano Preferencial.

3.17 Monitoramento

O processo de monitoramento deve ser permanente devido à variabilidade de algumas variáveis ao longo do período de planejamento como mostra a Figura 1. O monitoramento do plano preferencial é necessário para ir corrigindo algumas distorções que podem surgir no decorrer do tempo, permitindo atingir metas estabelecidas no plano de desenvolvimento.

4 Estudo de Caso: Aplicação do Modelo

Para a validação do modelo, foi escolhida a Região Administrativa de Araçatuba. A escolha foi associada aos trabalhos do projeto de pesquisa “Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável” de políticas públicas da FAPESP, [Udaeta, 2010].

4.1 Caracterização da Região Administrativa de Araçatuba

A caracterização feita para este trabalho de pesquisa envolve os levantamentos de dados demográficos, socioeconômicos, ambientais energéticos, dentre outros, realizados por meio de reuniões e oficinas com os interessados e envolvidos da região estudada, [Anexo 1].

4.1.1 Demografia

O estudo estatístico regional apresenta todos os elementos relacionados à região que necessariamente devem ser conhecidos para avaliação do estado atual da região e posterior estudo a longo prazo, [Anexo 1].

4.1.2 Os Municípios

A Região Administrativa de Araçatuba é composta por 43 municípios, que ocupam 18.560 km², correspondendo a 7,5% do território paulista, [Secretaria de Economia e Planejamento, 2007]. A região de influência da entidade parceira do projeto FAPESP, Cooperhidro, é composta pela região e mais 6 municípios adjacentes, totalizando assim 49 municípios considerados neste estudo.

A RAA abriga o Aglomerado Urbano de Araçatuba, formado pelos municípios de Araçatuba e Birigui e conta com as cidades de Penápolis e Lins, próximas de centros regionais importantes, como Marília (138 km), São José do Rio Preto (141 km), Bauru (179 km) e Presidente Prudente (200 km). A distância de Araçatuba em relação à capital paulista é de cerca de 530 km.

Os 43 municípios que compõem a RA de Araçatuba são: Alto Alegre, Andradina, Araçatuba, Auriflama, Avanhadava, Barbosa, Bento de Abreu, Bilac, Birigui, Braúna, Brejo Alegre, Buritama, Castilho, Clementina, Coroados, Gabriel Monteiro, Gastão Vidigal, General Salgado, Glicério, Guaraçaí, Guararapes, Guzolândia, Ilha Solteira, Itapura, Lavínia, Lourdes, Luiziânia, Mirandópolis, Murutinga do Sul, Nova Castilho, Nova Independência, Nova Luzitânia, Penápolis, Pereira Barreto, Piacatu, Rubiácea, Santo Antônio do Aracanguá, Santópolis do Aguapeí, São João do Iracema, Sud Mennucci, Suzanápolis, Turiúba e Valparaíso.

Completando a região de influência da entidade parceira, estão os municípios de Lins, Zacarias, Guarantã, Monções, Promissão e Sabino.

4.1.3 Aspectos Demográficos

De 1950 a 1980, a população da Região Administrativa de Araçatuba não se expandiu de forma expressiva, embora a população urbana tenha crescido significativamente, em especial no município de Araçatuba. Isso denota a redução acentuada da população rural, provocada, sobretudo, pela modernização da agricultura e pelo aumento da atividade pecuária naquele período.

Como mostra a Figura 16, entre 1980 e 1991, a taxa de crescimento populacional da região foi de 1,44% ao ano, inferior à do conjunto do Estado, de 2,12%. No mesmo período, o município de Araçatuba cresceu 1,93% ao ano e o de Birigui, a 3,60%. Entre 2000 e 2007, a taxa geométrica de crescimento da população da região foi de 0,90% ao ano, também inferior à taxa estadual (1,50%) [Udaeta: RTC- Mapeamento, 2009].

Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População 1980-2007

Figura 15: Taxa de Crescimento Populacional da Região

Fonte: Fundação Seade. Secretaria de Economia e Planejamento – SEP, [2007].

A RAA caracteriza-se pela grande extensão territorial e esparsa ocupação populacional. Em 2007, sua densidade demográfica correspondia a apenas 38,6 habitantes por km², bem inferior à média estadual, de 165,3 habitantes por km². Sua taxa de urbanização, em 2007, era de 92,8%, também inferior à do conjunto do Estado (93,8%).

A maioria dos municípios que compõem a RAA tem características rurais e possui população inferior a 10 mil habitantes. Birigui e Araçatuba são os mais dinâmicos, com as maiores proporções de área urbana e maior densidade demográfica. Araçatuba é o único município da região com população superior a 150 mil habitantes.

O conjunto da RAA e a região de influência da Cooperhidro abrigava mais de 828 mil habitantes, em 2007, o que corresponde a 1,7% da população paulista. Além de Araçatuba (com 180 mil habitantes), seus municípios mais populosos são Lins (123 mil), Birigui (106 mil), Penápolis (58 mil) e Andradina (57 mil). Estes cinco municípios concentravam mais de 55% do total da população regional.

A pirâmide etária regional mostra, na Figura 17, uma população ligeiramente mais envelhecida do que a estadual. Entre 1980 e 2007, essa pirâmide experimentou expressivo estreitamento de sua base – com redução do número absoluto da população entre 0 e 14 anos – e ampliação das demais faixas etárias, com alargamento das faixas intermediárias e mais idosas.

Com uma população projetada em 2006 de 710.378, a região representa cerca de 2% do total da população do Estado, com uma baixa densidade demográfica, de 37,55 habitantes por km², em 2004.

Distribuição da População, segundo Faixas Etárias

1980-2007

RA de Araçatuba

Estado de São Paulo

Fonte: Fundação Seade. Secretaria de Economia e Planejamento – SEP.

Figura 16: Pirâmides etárias da região e do Estado de São Paulo, [2007].

4.2 Socioeconomia Regional

Para sintetizar o levantamento das informações da socioeconomia regional foi dada atenção aos seguintes setores das atividades econômicas: infra-estruturas, comércio, indústria, o consumo energético, agricultura e turismo.

4.2.1 Infraestruturas

Os dados de infra-estruturas levantados envolvem o sistema de transporte e o sistema hidroviário, dentre outros. Mas antes da descrição destes elementos é necessário conhecer um pouco da história da formação da região.

Segundo Relatório Técnico Científico do Mapeamento do Projeto da FAPESP (2009), a origem do desenvolvimento da região está ligada à chegada da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. A ferrovia modificou o traçado das cidades ao transformar suas estações em núcleos urbanos que, posteriormente, constituíram pólos de escoamento da produção cafeeira.

Em 1908, foi inaugurada a estação ferroviária de Araçatuba, o que fez afluir para a região os imigrantes para trabalhar nas lavouras de café.

Após o período cafeeiro, com o aumento das atividades ligadas à pecuária, sobretudo de corte, houve forte êxodo rural que gerou uma ocupação esparsa do território, mas na década de 50 a região passou a liderar a atividade da pecuária de corte no Estado. Em consequência, em Araçatuba e Birigui, formou-se importante pólo produtor de calçados e artefatos de couro. Nos anos 70, o cultivo de cana-de-açúcar se expandiu e várias usinas e destilarias instalaram-se em municípios da região, [FAPESP: RTC- Inventário Ambiental, 2008].

A presença do Gasoduto Bolívia-Brasil e a existência de um pólo gerador de energia hidrelétrica, com as usinas hidrelétricas de Jupia, Ilha Solteira, Três Irmãos Nova Avanhandava e Promissão, potencializam as oportunidades de expansão de sua economia, além de proporcionar-lhe um ativo turístico ainda a ser completamente explorado.

Portanto, o que se observa neste levantamento de dados é que, o transporte regional de longa distância se dá pela Rodovia Marechal Rondon (SP-300), que liga Araçatuba à capital paulista e, no sentido inverso, ao Estado do Mato Grosso do Sul, pela Hidrovia Tietê-Paraná e pela América Latina Logística, antiga Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, da Rede Ferroviária Federal, que se integra à malha estadual e a nacional, [Secretaria de Economia e Planejamento, 2007].

O setor terciário vem crescendo e se diversificando intensamente na região, como mostra a Figura 17, embora concentrado no município-pólo de Araçatuba. Por ser um dos principais centros agropecuários do país, sobressai-se o comércio de

implementos agropecuários e de serviços de apoio à agropecuária. O município concentra também os grandes estabelecimentos comerciais e de serviços da região, como bancos, supermercados, shopping's centers, comércio atacadista e varejista, clubes recreativos, hotéis, exposições, eventos e convenções. Araçatuba dispõe, ainda, de estabelecimentos de saúde importantes, como a Santa Casa, e várias instituições de ensino superior, incluindo um campus da Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Distribuição do Pessoal Ocupado, segundo Setores Econômicos 2002-2005

Figura 17: Distribuição das Ocupações dentro da RAA

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (Reis, 2005).

A entrada em operação da Hidrovia Tietê-Paraná contribuiu para atrair novos empreendimentos voltados para a armazenagem e o transporte. A multimodalidade no transporte, por meio do porto hidroviário, da rodovia Marechal Rondon, da ferrovia e a presença de aeroporto regional dão à região privilegiada posição no tocante aos serviços de apoio logístico e ao comércio.

4.2.2 Agricultura Regional

O setor agroindustrial, como um todo, inclui empresas frigoríficas, álcool e açúcar, massas e polpas de frutas, processamento de leite em pó, curtimento de

couro, indústria de calçados, desidratação de ovos, entre outras, concentradas em Araçatuba, Birigui, Penápolis e Andradina.

A pecuária de corte é a principal atividade econômica do município de Araçatuba, contudo a produção leiteira também é significativa. O município, referência em produção de sêmen e pesquisas de melhoria genética, atrai criadores de gado do Brasil e de outros países, com interesse na qualidade da linhagem dos animais, abrigando ainda alguns dos principais frigoríficos do país.

Outra característica, mais recente, da agropecuária regional tem sido a tendência à diversificação agrícola, com o surgimento e a progressiva expansão de áreas de fruticultura e cultivo de grãos, esses já expressivos na região, além da grande expansão do cultivo de cana-de-açúcar. Chama a atenção o município de Birigui, onde se destacam as culturas de milho, arroz, soja e sorgo.

4.2.3 Recursos Hídricos

A Região Administrativa de Araçatuba apresenta uma rede fluvial densa, que sem dúvida mostra o quanto a região é rica em recursos hídricos, [Figura 18]. Pela região passam dois principais rios: Paraná e Tietê. Além destes, na região existe uma grande quantidade de mananciais, que podem ser aproveitados para os fins energéticos, principalmente para exploração do potencial de pico, mini e micro-centrais hidrelétricas.

Figura 18: Mapa Hidrológico da Região Administrativa de Araçatuba

Fonte: UGRHI-19, [2006].

A Região Administrativa de Araçatuba está localizada nos territórios de três Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs: Aguapeí, São José dos Dourados e Baixo Tietê, com predominância desta última (29 municípios). Os principais rios desta área são o Paraná, o Tietê, o Aguapeí e o São José dos Dourados.

4.2.4 Indústria

A base da economia regional é a agropecuária e muitas das atividades industriais e de serviços ali desenvolvidas relacionam-se com o setor primário. A região é o principal centro estadual de comercialização de bovinos e vem se configurando como uma fronteira de expansão do cultivo de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo.

São também representativas outras indústrias relacionadas com a atividade agropecuária, como as de refrigeração, couros e peles, metal-mecânica e,

sobretudo, as de curtimento de couro e de calçados, que se concentram, particularmente, em Araçatuba, Birigui, Penápolis e Andradina.

A estrutura industrial regional vem se diversificando, com predominância da produção de bens não-duráveis nos segmentos de vestuário, artigos de tecidos e móveis. Também estão presentes empresas dos setores de minerais não-metálicos (cerâmica, olarias e artefatos de cimento), químico, papelero e eletro-eletrônico.

No Anexo 1 estão listadas as atividades industriais mais relevantes na região conforme classificação do SEADE com seus respectivos números de instalações. As Indústrias ligadas à navegação, como as de construção e reparos de barcos e barcas e empresas de transporte e exportação vêm-se instalando próximo ao Porto Fluvial de Araçatuba. Outras indústrias da região são as de vestuário, artigos de tecidos, móveis, refrigeração, curtume, cerâmica, olarias, artefatos de cimento, metal-mecânica (ligada ao agronegócio), química, eletro-eletrônica e cartonagem e, é claro, a de alimentos e bebidas.

4.2.5 Comércio

O setor comercial da Região Administrativa de Araçatuba é constituído pelos seguintes principais tipos de atividades: hospitais, aeroportos, escolas, universidades, hotéis, mercados, armazéns, restaurantes, shopping centers e serviços gerais de apoio às agroindústrias, indústrias de calçados e indústrias de alimentos, representando uma grande parcela do consumo de energia elétrica, [FAPESP: RTC-Balanco Energoambiental, 2009].

4.2.6 Produção de Energia na RAA

Pelos levantamentos feitos a Região Administrativa é responsável por 47 % da produção de energia elétrica do Estado de São de Paulo. A fonte utilizada para produção de energia na Região é basicamente hídrica. Mas nos últimos anos observa-se o crescimento do potencial da co-geração e o da utilização da biomassa

para geração de energia elétrica. Os resultados do levantamento dos potenciais hidroelétrico e termelétrico instalados e a produção de energia regional são apresentados no Anexo 1.

4.2.7 Inventário Ambiental na RAA

No inventário ambiental fez-se o levantamento das informações nos quatro meios descritos no modelo: terrestre, aquático, aéreo e antropico. Na região as informações sobre os dados ambientais ainda são insuficientes.

Portanto, alguns dos dados foram estimados utilizando o método do IPCC (GWP). Os dados levantados na região sobre o meio ambiente são: CO₂, NO_x e CH₄. Por falta de medições anteriores pelos órgãos responsáveis, alguns destes dados foram estimados pelo método referido. Os resultados podem ser vistos no Anexo 1.

4.2.8 Consumo de Energia e dos Energéticos na RAA

Para a caracterização regional do consumo de energia elétrica, foram levantados os dados dos consumidores residenciais, rurais, industriais, do poder público e serviços públicos, iluminação pública, dentre outros. Além das informações sobre o consumo de energia, foram levantados na Região os dados sobre o consumo dos energéticos como GLP, querosene, lenha, asfalto, álcool, óleo combustível, gasolina e óleo diesel. Os resultados obtidos através deste levantamento estão apresentados no Anexo 1.

4.3 Avaliação dos Potenciais dos Recursos Energéticos da RAA

Para a validação do modelo foram caracterizados e avaliados os potenciais teóricos de 21 recursos energéticos na Região Administrativa de Araçatuba, sendo

16 recursos do lado da oferta e 5 do lado da demanda. A avaliação dos potenciais de cada recurso seguiu os procedimentos tradicionais dos cálculos dos potenciais energéticos. Os recursos caracterizados e avaliados com os seus potenciais estão apresentados na Figura 19.

Figura 19: Listagem dos Recursos Energéticos de Oferta e Demanda na RAA

Fonte: Adaptado (Cicone, 2008).

Em seguida fez-se o peneiramento destes recursos para o estudo de caso, restando 6 recursos de oferta e 4 de demanda, [Figura 20], totalizando 10 recursos.

Figura 20: Recursos Peneirados para Estudo de Caso na RAA.

4.3.1 Valoração dos Recursos de Oferta e Demanda na RAA

Um recurso energético é caracterizado pelo duo fonte energética + tecnologia de aproveitamento como, por exemplo, luz solar (fonte) + painel fotovoltaico (tecnologia de aproveitamento).

O PIR desenvolvido para a RAA, com o intuito de distinguir e qualificar os potenciais de cada recurso energético, além de discretizar o aproveitamento, dividiu as tecnologias de aproveitamento em faixas de potência, o que acarreta em uma diminuição também na escala de valores que compõem os sub-critérios destes recursos nas dimensões de análise do PIR. As faixas definidas foram:

- Menor que 1 kW
- Entre 1kW e 10kW

- Entre 10 kW e 100 kW
- Entre 100 kW e 500 kW
- Entre 500 kW e 2 MW
- Entre 2 MW e 30 MW
- Entre 30 MW e 200 MW
- Superior a 200 MW

A discretização dos recursos energéticos de oferta entre as faixas de potência pode ser dada através da tecnologia, quando estas se tornam inviáveis em uma determinada faixa, ou simplesmente pela divisão do potencial em volume de energia. Portanto, para este trabalho de pesquisa foram utilizadas duas metodologias de valoração: A Avaliação Determinística dos Custos Completos e a Avaliação Holística dos Custos Completos. Em ambas as metodologias foram considerados todos os atributos das quatro dimensões do PIR.

4.3.2 Cômputo e Valoração Completa dos Potenciais (CVCP) dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta da RAA

O procedimento para o cômputo e valoração dos custos completos para formação de carteiras procedeu-se na base dos atributos definidos para cada dimensão do PIR, descritos no capítulo 3, da descrição do modelo, no qual foram determinados todos os parâmetros dos atributos para cada dimensão [Anexo 3].

A Figura 21 mostra os atributos considerados para valoração da dimensão técnico-econômica. Foi criada uma planilha no Excel para os cálculos dos atributos das quatro dimensões.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1				Técnico-econômica															
2				Técnico				Capacidade				Econômico							
				Fator de Capacidade de	Domínio Tecnológico	Facilidade Técnica		Volume de Energia	Potência		Custo de Implantação	Tempo de retorno	Custo O&M	VPL	Vida útil				
3					Tecnologia	Equipamentos e materiais	Tempo de Implantação	Disponibilidade de fornecimento	Qualificação da mão-de-obra										
4				Recursos															
5																			
6				fotovoltaica	16% estrangeira	painéis irr	0,25	comercial sem quali	1,4016	125Wp / painel		2500	10	20/kW	instalado	30			
7				eólico	30% nacional	nacional	0,25	comercial sem quali	2,628	turbinas de até 1kW		12000	considerar	46,16		20			
8				hidro	40% nacional	nacional	3	encomenda sem quali	3,504	turbinas de até 1kW		2200	10	3,85 a 6,40 reais / MW		30			
9				lenha	35% nacional	nacional	1	encomenda especializ	3,066	turbinas de até 1kW		2400		25/kW	instalado+1/n	20			
10				resíduos sólidos	35% nacional	nacional	1	encomenda especializ	3,066	turbinas de até 1kW		2400		25/kW	instalado+1/n	20			
11				alcool	80% nacional	nacional	0,25	não se faz sem quali	7,008	de 100W a 1kW		-				15			
12				gasolina	80% nacional	nacional	0,25	comercial sem quali	7,008	de 100W a 1kW		600				15			
13				GLP	90% nacional	nacional	1	comercial especializ	7,884			2000				30			
14				fotovoltaica	16% estrangeira	painéis irr	0,25	comercial sem quali	14,016	125Wp / painel		2500		20/kW	instalado	30			
15				eólico	30% nacional	nacional	0,25	comercial sem quali	26,28	1k a 10kWp / turbina		12000		46/kW	instalado+0,01	20			
16				hidro	45% nacional	nacional	3	encomenda especializ	39,42	1k a 10kWp / turbina		2500		3,85 a 6,40 reais / MW		30			
17				lenha	50% nacional	nacional	1	comercial especializ	43,8	turbinas de 1kW a 10kWp		2400		25/kW	instalado+1/n	20			
18				queima de bagaço (c)	70% nacional	nacional	3	comercial especializ	61,32	turbinas de 1kW a 10kWp		2000		25/kW	instalado+1/n 20 a 30 anos				
19				resíduos sólidos	50% nacional	nacional	1	comercial especializ	43,8	turbinas de 1kW a 10kWp		2400		25/kW	instalado+1/n	20			
20				alcool	80% nacional	nacional	0,25	comercial sem quali	70,08	1k a 10kWp / motor		600		c.c. + manutenção		15			
21				biogás até	60% nacional	nacional	2	comercial especializ	52,56	1k a 10kWp / gerador		1600 a 1900		90/kW	instalado+5/MWh	gerado			

Figura 21: Valoração dos Atributos da Dimensão Técnico-Econômica.

Para as dimensões social, ambiental e política foi adotado o mesmo procedimento, resultando na listagem dos recursos energéticos de oferta abaixo, [Tabela 1].

Tabela 1: Valoração dos Recursos de Oferta

	Recursos	Pot. Realiz.	Energia	Custo	Custo	Total de Investimento
		MW/Ano	MWh/Ano	R\$/kW	R\$/MW	R\$
1	Gás Natural (Cogeração)	22,5	197.100	1.121	1.121.000	25.222.500
2	Eólica	82,7	724.452	1.360	1.360.000	112.472.000
3	Bagaço de Cana (Cogeração)	8,36	34.672.080	1.500	1.500.000	5.937.000.000
4	UHEG	6.000,0	52.560.000	600	600.000	3.600.000.000
5	UHEPICO	50,0	438.000	1.200	1.200.000	60.000.000
6	UHEPCH	400,0	3.504.000	900	900.000	360.000.000
7	Biodiesel Motor Com. Intern.	1,760	2.628.000	500	500.000	150.000.000
8	Gasolina Motor Comb. Interna	200,0	1.752.000	400	400.000	80.000.000
9	Álcool Motor comb. Interna	207,10	8.760.000	400	400.000	400.000.000
10	Carvão para Térmicas	6.000,0	52.560.000	1.500	1.500.000	9.000.000.000
11	Biogás Para Geração	250,65	61.752.744	2.000	2.000.000	14.098.800.000
12	Gás natural (Motor comb. Int.)	3.727,5	32.652.900	400	400.000	1.491.000.000
13	Nuclear	4.000,0	35.040.000	2.500	250.0000	10.000.000.000

4.3.3 Cômputo e Valoração Completa dos Potenciais (CVCP) dos Recursos de Energéticos de Demanda da RAA

A caracterização e avaliação do potencial de recurso energético do Lado da Demanda tratam do potencial de economia de energia gerado por uma medida de gerenciamento da demanda em um determinado uso final. Essas medidas de gerenciamento, assim como os usos finais, podem variar de acordo com o setor de aplicação. Por isso, os RELDs (Recursos Energéticos do Lado da Demanda) são definidos como uma medida de Gerenciamento do Lado da Demanda aplicada a um uso final em determinado setor. As Medidas de Gerenciamento, usos finais e os setores utilizados para esta análise estão listados na [Tabela 2]:

Tabela 2: Recursos Energéticos do lado da demanda

Recursos Energéticos do Lado da Demanda (RELD)
RELD = Usos Finais + Medidas de GLD + Setores de Consumo (Aplicação)
a) Usos finais 1. Iluminação 2. Refrigeração 3. Condicionamento Ambiental 4. Aquecimento de Água 5. Força Motriz Estacionária 6. Fornos, Caldeiras e Fogões 7. Força Motriz Veicular
b) Medidas de GLD 1. Controle da Carga 2. Substituição, Ajuste e Dimensionamento de Equipamentos; 3. Seleção e Substituição de Energéticos e Eficientização de Sistemas de Combustão; 4. Projetos de Edificações Eficientes 5. Tarificação e Regulação; 6. Armazenamento de Energia 7. Programas de Informação, Educação e Capacitação
c) Setores de Consumo 1. Residencial 2. Comercial 3. Industrial 4. Rural 5. Público 6. Transportes

Fonte: [Baitelo, 2006]

Neste trabalho foram considerados cinco recursos do lado da demanda, dentro de um amplo universo de opções de recursos¹². O limite de utilizar-se apenas cinco recursos dentro de uma vasta gama de medidas de efficientização e gerenciamento da demanda, justifica-se por uma questão de simplificação dos testes do modelo¹³.

Para os recursos de demanda o Cômputo e Valoração Completa dos potenciais foi feito na base dos cálculos da energia economizada, também considerando os seus respectivos atributos das quatro dimensões, obtendo os resultados apresentados na [Tabela 3], [FAPESP: RTC- Relatório de Valoração dos RELDS, 2008].

Tabela 3: Listagem dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda da RAA

Recursos	Pot. Realiz.	Energia	Custo	Custo	Total de Investimento
	MW/Ano	MWh/Ano	R\$/kW	R\$/MW	R\$
Coletores Solares	14,7	1.366.560	2.000	2.000.000	31.200.0000
Substituição de Lâmpadas	39,4	345.144	1.100	1.100.000	43.340.000
Arquitetura Bioclimática	33,6	294.336	5.000	5.000.000	168.000.000
Medidas de Infor./Educação	22,5	197.100	40	200.000	4.500.000
Termo-acumulação	82,7	724.452	70	250.000	20.675.000

4.4 Ranqueamento dos Recursos Energéticos da RAA

O ranqueamento dos recursos energéticos para o estudo de caso foi feito por duas vias: ADCC (Avaliação Determinística dos Custos Completos) e AHCC (Avaliação Holística dos Custos Completos), [Reinig, 2009]. Para a obtenção do ranking geral para a formação das carteiras dos recursos energéticos do estudo de caso, utilizaram-se os dados de ranqueamento resultantes das quatro oficinas do

¹² Por exemplo, para o recurso de substituição de lâmpadas podemos considerar a substituição de lâmpadas incandescentes de 60W por compactas de 15W, ou por compactas de 20, 25, 40W. Ou ainda, podemos também considerar o caso da substituição de lâmpadas incandescentes de 40W e 100W. Cada um deste pode ser considerado um recurso na modelagem.

¹³ A partir de um recurso: "Substituição de lâmpadas no setor residencial" obtivemos no mínimo a combinação dos recursos citados acima, ou seja, um recurso do lado da demanda pode se transformar em vários recursos. Ainda, para cada um desses recursos, é possível diferenciar as lâmpadas por fabricantes, pois, o posicionamento geográfico da fábrica poderia trazer maiores ou menores benefícios para a região. Além disso, certos fabricantes possuem políticas de descarte adequado de substâncias nocivas, ou maior durabilidade do produto, o que afeta a vida útil do equipamento de uso final.

PIR (Avaliação dos Custos Completos da Dimensão Técnico-Econômica, Social, Política e Ambiental) realizadas na Região Administrativa de Araçatuba no âmbito do Projeto da FAPESP “Novos Instrumentos do Planejamento Energético Visando o Desenvolvimento Sustentável”, [FAPESP: RTC- Ranking Geral, 2008].

4.4.1 Avaliação Determinística dos Custos Completos (ADCC)

A construção do ranking determinístico procede-se após a inserção da “tabela de valores” seguindo os *ratings* criados. Esse *ranking* considera as notas determinísticas dos recursos energéticos em relação aos sub-critérios mais baixos da árvore de decisão, além da comparação par-a-par dos sub-critérios entre si, realizada pelos especialistas, [Figura 22].

Ratings Scoresheet		
Select User <input type="text" value="Group"/>		
Order	Alternatives	Value
1	Coletores Solares	0.83
2	Medidas de Informação e Educação	0.77
3	Hidrogeração (pico geração)	0.76
4	Termo-Acumulação	0.74
5	Hidrogeração (PCH's)	0.71
6	Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	0.69
7	Substituição de Lâmpadas	0.69
8	Eólica	0.68
9	Arquitetura Bio-climática	0.64
10	Biogás para Cogeração	0.60
11	Bagaço de Cana para Cogeração	0.59
12	Célula Combustível	0.57
13	Álcool para Motor Comb. Int.	0.54
14	Biodiesel para Motor Comb. Int.	0.54
15	Gasolina para Motor Comb. Int.	0.46
16	Gás Natural para Cogeração	0.46
17	Diesel para Motor Comb. Int.	0.44
18	Geo-térmica	0.44
19	Gás Natural para Motor Comb. Int.	0.43
20	Nuclear	0.41
21	Carvão Mineral para Térmicas	0.40

Figura 22: Ranking Determinístico dos recursos energéticos gerado pelo DL

Fonte: Software DL [Reinig, 2008]

Na avaliação determinística dos custos completos dos recursos energéticos foram considerados os atributos tais como: custo de geração, a eficiência da tecnologia, fator de capacidade, dentre outros descritos nas dimensões do PIR.

4.4.2 Avaliação Holística dos Custos Completos (AHCC)

Para a formação do ranking holístico dos recursos energéticos utilizou-se a seguinte metodologia:

Foram organizadas quatro oficinas na Região Administrativa de Araçatuba sendo que em cada oficina se discutia uma dimensão do PIR na base dos temas propostos pela equipe de pesquisa do projeto, por exemplo, a dimensão técnico-econômica:

Na oficina da Dimensão técnico-econômica foram propostos módulos para discussão e treinamento para os envolvidos e interessados, o âmbito técnico-econômico do PIR e as problemáticas relacionadas às tecnologias de produção e transporte de energia.

No final de cada oficina foi feita a dinâmica de preenchimento dos questionários, cujos dados foram lançados no Software Decisions Lens (DL) para a obtenção do ranking dos recursos na base dos critérios pré-estabelecidos, [FAPESP: RTC, 2007].

A “Avaliação dos Critérios” foi realizada ao final da oficina, baseada exclusivamente na opinião pessoal dos envolvidos e interessados. Já a “Avaliação das Alternativas” foi preenchida com base na opinião pessoal, mas também considerando uma tabela de consulta, que continha a descrição das características quantitativas de cada recurso energético em relação a determinados parâmetros de avaliação.

Tabela 4: Ranking Qualitativo Final

Prioridade	Recurso Energético	Peso
1	Coletores Solares	0.698
2	Medidas de Informação e Educação	0.695
3	Substituição de Lâmpadas	0.631
4	Arquitetura Bio-climática	0.629
5	Hidrogeração (MINI e PICO)	0.617
6	Eólica	0.606
7	Bagaço de Cana para Cogeração	0.521
8	Biogás para Cogeração	0.515
9	Gás Natural para Cogeração	0.444
10	Nuclear	0.432

Fonte: [Reinig, 2008].

Através das informações obtidas nos questionários sobre a visão dos envolvidos e interessados em relação ao aproveitamento dos recursos energéticos levantados na região, fez-se uma análise para definir o ranking de forma qualitativa e a prioridade dos recursos, considerando as quatro dimensões do PIR. Em Seguida, foram filtrados os recursos para o estudo de caso visando apenas à geração de energia elétrica na Região Administrativa de Araçatuba, como mostra a Tabela 4.

4.4.2.1 Critérios de Preenchimento dos Questionários para Valoração

Para o cômputo dos custos do mix energético foi utilizada a metodologia de Avaliação dos Custos Completos, [Carvalho, 2000]. Esta metodologia evoluiu para a utilização do Software Expert Choice, [Boarati, 1998]. Mas ao longo do tempo deu-se conta que o processo precisava de aperfeiçoamento, passando-se então a utilizar o método PAH, [Saaty, 1991].

Pois, nesta metodologia, dentro do PIR, concluiu-se que a ACC para análise de opções de recursos energéticos, devem-se considerar quatro vetores fundamentais para esta análise, [Cicone, 2007]: técnico-econômico, ambiental, Social e político. A partir desta consideração, estabeleceu-se a premissa que atribuiu

os pesos iguais para cada vetor. A partir desta consideração definiu-se para cada um deles uma árvore com diversos critérios e sub-critérios, com a ressalva que, para estes, podem haver diferenças nos pesos. Por outro lado, é necessária uma prévia listagem dos recursos energéticos, feita nos blocos de caracterização e avaliação dos potenciais dos recursos energéticos do modelo.

Portanto, tendo a listagem ou alternativas dos recursos energéticos, monta-se uma árvore com critérios e sub-critérios para a aplicação da PAH, baseada na comparação par-a-par. É necessário organizar estes critérios de maneira hierárquica com quantos níveis forem necessários, sendo o mais alto correspondente à meta a ser atingida dentro do processo de análise e o nível inferior são as alternativas a serem estudadas para alcançar a meta como pode ser visto na Figura 23, [Reinig, 2008].

Figura 23: Modelo de árvore hierárquica para metodologia PAH

Fonte: [Reinig, 2008]

Uma vez definida a árvore dos critérios e sub-critérios, é importante a definição da escala. Neste trabalho optou-se pelo uso da escala utilizada habitualmente na metodologia de PAH, [Reinig, 2008], que considera um intervalo de 1 a 9, [Saaty, 1991].

Sendo que:

- 1 - Igual Importância;
- 3 - Pouco mais importante;
- 5 – Moderadamente mais importante;
- 7 - Muito mais importante;
- 9 - Absolutamente mais Importante.

Os critérios utilizados para este trabalho para gerar o ranking dos recursos são apresentados no Anexo 2.

4.4.3 Ranking Geral dos Recursos Energéticos da RAA

Para a formação do Ranking Geral, [Tabela 5], dos recursos energéticos, e para a formação futura das carteiras energéticas dentro dos cenários simulados, foi feito o cruzamento das ACCs Qualitativa e Determinística. Segundo as prerrogativas do PIR, ambas serão consideradas com o mesmo peso, porém o tomador de decisão tem liberdade para dar mais peso a uma ou outra ACC.

Tabela 5: Ranking Geral Final

	Recursos	Ranking
1	Coletores Solares	0,69
2	Gás Natural (Cogeração)	0,45
3	Eólica	0,58
4	Bagaço de Cana (Cogeração)	0,51
5	UHE MNI e PICO	0,59
6	Substituição de Lâmpadas	0,61
7	Arquitetura Bioclimática	0,60
8	Medidas de Informação/Educação	0,64
9	Biogás Para Geração	0,52
10	Nuclear	0,46

4.5 Integração dos Recursos Energéticos da RAA

Uma vez obtido o ranking geral, inicia-se o processo de integração dos recursos energéticos, que visa atender às necessidades de carga da região em estudo. Para isso é necessário construir os cenários e fazer a previsão das demandas por demanda total ou por setor de atividades econômicas.

4.5.1 Construção de Cenários

Para a formação das carteiras é necessário estudar os cenários socioeconômicos e energéticos do estudo de caso, para depois fazer projeções de demanda.

O cenário energético está estritamente ligado ao cenário socioeconômico e é construído a partir deste.

Para um determinado cenário socioeconômico a demanda em energia pode ser satisfeita de diversas formas: por diversificação das fontes energéticas, pela utilização de várias formas de usos finais com maior eficiência, dentre outras. Essas formas de satisfazer a demanda energética podem, por sua vez, refletir de diferentes maneiras na estrutura das tarifas, na quantidade de energia a produzir para atender essa demanda ou nas próprias leis em que se enquadram os usos finais de energia, conseqüentemente na eficiência da carteira, [FAPESP: RTC Parcial 3, 2009].

Para previsão das demandas e construção de uma carteira robusta e eficiente dentro do PIR, principalmente nos países em desenvolvimento, é necessário fazer o levantamento das variáveis relacionadas ao crescimento populacional, do produto interno bruto, do nível de eletrificação e distribuição dos energéticos, das possibilidades de acesso às novas tecnologias, do grau de domínio destas tecnologias, das estruturas regulatórias e do desenvolvimento das infra-estruturas, e mensurar a eficiência econômica do país ou da região (como é a distribuição da renda).

Uma vez compiladas essas informações é definido o período de planejamento ou horizonte em que se deseja planejar.

4.5.1.1 Horizonte de Planejamento

O período ou horizonte de planejamento depende das atuais condições do sistema a ser planejado e da capacidade da região em investimentos, podendo ser de curto, médio e longo prazo. Os dois primeiros normalmente estão ligados às atuais condições do sistema. O planejamento de longo prazo se difere destes por

exigir uma análise de longo prazo, que pode ser superior a um período de 15 anos. Neste trabalho de pesquisa o período considerado para estudo de formação de carteiras dos recursos energéticos foi de 30 anos.

4.5.1.1.1 Cenários Sócio-Econômicos

Para a construção de cenários sócio-econômicos, é necessário que sejam levantadas e avaliadas variáveis tais como: índices econômicos, sociais, estruturais e geográficos que, juntos, podem dar um panorama da região na qual está inserido o cenário em questão. Por esta razão foram levantados todos estes parâmetros na caracterização da região do estudo de caso.

Por outro lado, procurou-se fazer uma maior estratificação, buscando prever intercâmbios de classes sociais, aumento do PIB per capita, por classe ou por setor de atividade. Também foram levantados valores do consumo de diversos energéticos por estes setores de atividades econômicas para avaliar o atendimento a cada um deles.

Numa análise mais rigorosa, deve-se levar em conta as mudanças no cenário mundial em blocos regionais, pois, o atual contexto de globalização da economia, competição e cooperação entre regiões econômicas, fluxos de investimentos de grandes mercados influenciam diretamente qualquer projeção futura.

Para formação da carteira também se consideram os três tipos de cenários: tendenciais, preditivos e exploratórios.

Para a construção de carteiras, neste caso específico, trabalhou-se com o cenário Tendencial, cujas informações consideradas são apresentadas no Anexo 4.

4.5.1.1.2 Ano Base

O Ano Base definido para este estudo foi o de 2008.

O presente estudo se utilizou de dados de instituições especializadas e consideradas como referência tais como: o IBGE, o PROCEL, o Seade e a EPE,

Projeto FAPESP “Novos Instrumentos de Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos visando Desenvolvimento Sustentável” (2005).

Para o Ano Base criou-se a árvore de demanda, estratificando as informações sobre usos finais nos setores residencial, rural, industrial e comercial. Foram levantados os índices de participação setorial e intensidade energética, dados sobre a distribuição de renda da população por classes, consumo de energia por classes, aquisição dos equipamentos eletrodomésticos por faixa de renda, dentre outros parâmetros [FAPESP: RTC - Cenários Socioeconômicos, 2009]. Essas informações foram introduzidas no software LEAP (Long Range Energy Alternative Planning System).

Para o teste do modelo, utilizaram-se as informações do ano base (2008), [FAPESP: RTC- Cenários Socioeconômicos, 2009] e as premissas definidas no item 4.5.2 da previsão de demanda. A razão de analisar somente um cenário se baseia na capacidade limitada do equipamento computacional. O modelo permite, com a variação dos parâmetros desejados, atingir metas ou satisfazer as premissas de qualquer cenário construído na formação de carteiras.

4.5.1.2 O Modelo LEAP

O LEAP (*Long Range Energy Alternative Planning System*) é uma ferramenta de modelagem baseada em cenários de desenvolvimento energético e seus efeitos ambientais. Estes cenários são baseados no detalhamento do consumo, conversão e produção de energia de uma região considerando uma variada gama de alternativas em cada nível desta cadeia, considerando desenvolvimento econômico, crescimento populacional, tecnologias disponíveis e alteração de tarifas; provendo um banco de informações para obtenção de projeções de longo prazo em configurações de oferta e demanda e uma forma de identificar e avaliar opções de políticas e tecnologias alternativas em um horizonte de planejamento de médio a longo prazo (IDEE/FB, 2008). Além destas variáveis, o LEAP incorpora variáveis ambientais.

4.5.2 Previsão de Demanda

Para a previsão de demanda foram adotadas as premissas para o cenário tendencial descritas no próximo item.

4.5.2.1 Cenário Tendencial

O cenário Tendencial conta com premissas de políticas energéticas que prevêem substituições de tecnologias, modificações em infra-estrutura de base ou de ponta, incentivos a determinados setores para impulsionar o crescimento econômico, dentre outros.

Como já foi mencionado anteriormente, para o teste do modelo de formação de carteiras trabalhou-se somente com o cenário Tendencial, [FAPESP: RTC-Cenários Socioeconômicos, 2009], cujas informações são:

Crescimento populacional anual: 1,50 % tendendo rapidamente para 1,35% na região. Portanto, foi adotado o valor de 1,35 % para o crescimento populacional;

Acesso a energia: acesso universal à energia na região em cinco anos;

Distribuição Populacional Urbana/Rural: considerou-se inalterável devido às características da região em estudo;

Distribuição de renda: dados dos últimos 15 anos apontam aos seguintes dados:

- Classe C rural: redução linear de 58% para 33% da população;
- Classe A rural: aumento linear de 3% para 7% da população;
- Classe C Urbana: redução linear de 32% para 25% da população;
- Classe A Urbana: aumento linear de 6 para 10% da população.

Modificações no perfil de uso de serviços energéticos: análise das tecnologias de usos finais na região indica uma tendência natural de substituição;

Iluminação rural por classes:

Classe C:

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 20% do total;
- Decréscimo da participação de cocção por lenha para 1% e aumento do Gás Natural para 5%;

Classe B

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 20% do total;

Classe A

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 5% do total;
- Aumento da participação de outras fontes de iluminação para 10% do total.

Iluminação Urbana por Classes:

Classe C:

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 20% do total;

Classe B:

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 20% do total;
- Aumento da participação de outras fontes de iluminação para 5% do total.

Classe A

- Decréscimo da participação de iluminação incandescente para 5% do total;
- Aumento da participação de outras fontes de iluminação para 10% do total.

Crescimento do setor Comercial: consideraram-se os valores de projeções realizadas pela EPE, IBGE e SEBRAE, de 3,5% a.a.

Crescimento do Setor Industrial: Foi considerado o valor baseado nas projeções dos mesmos órgãos acima citados, de 3% a.a.

Crescimento do Setor Agrícola: Pelas projeções da EPE, IBGE e SEBRAE é de 5%. Foi o valor tomado para esta projeção no cenário Tendencial.

Geração e Distribuição: Considerou-se 15% de perdas na transmissão e distribuição.

Na base destas premissas e informações do Ano Base foram feitas as projeções, cujos resultados estão na Tabela 7, [Anexo 4]:

Tabela 6: Projeção do consumo de energia por setor para Cenário Tendencial (mil MWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Residencial	817,7	833,0	848,5	864,1	880,0	973,7	1.038,9	1.106,9	1.177,8	1.271,9	1.350,7
Industrial	1.413,2	1.455,6	1.499,3	1.544,3	1.590,6	1.899,2	2.137,6	2.405,9	2.707,9	3.139,2	3.533,2
Comércio	241,1	249,6	258,3	267,4	276,7	340,2	390,3	447,9	514,0	610,5	700,5
Público	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8
Agrícola	486,2	510,6	536,1	562,9	591,0	792,0	962,7	1.170,2	1.422,4	1.815,4	2.206,6
Total	3.076,1	3.166,5	3.259,9	3.356,4	3.456,1	4.123,0	4.647,4	5.248,7	5.939,8	6.954,7	7.908,7

Fonte: [FAPESP: RTC Parcial 3, 2009].

A partir desta projeção de demandas em energia, fez-se a integração dos recursos, utilizando o modelo desenvolvido.

4.6 Geração de Opções de Carteiras para RAA

Após a criação dos cenários, as previsões da demanda e a pré-seleção dos recursos energéticos através do processo de ranqueamento geral, aplicou-se o modelo matemático simplificado para testar as condições de composição das carteiras e a alocação dos recursos ao longo dos intervalos do tempo de planejamento. A descrição das particularidades do modelo matemático desenvolvido, inerentes à região de estudo de caso, estão descritas a seguir.

4.6.1 Modelo Matemático para Otimização de Carteiras

O modelo proposto é equacionado através de uma programação linear, implementado no programa EXCEL, onde se utiliza o pacote de otimização **What'sBest®** desenvolvido pela *LINGO systems*, para resolvê-lo¹⁴.

Para a integração dos Recursos energéticos para o PIR utilizou-se dos recursos ranqueados com o software DL (Decision Lens) e um modelo analítico que

¹⁴ . Chicago, 2004. Lingo Systems. <http://www.lindo.com>

permite a construção das carteiras. Este está sucintamente descrito nos próximos itens.

4.6.1.1 Objetivo do Modelo

O modelo desenvolvido para a integração e construção de carteiras para o PIR da Região Administrativa de Araçatuba (RAA) tem como objetivo principal amarrar todas as variáveis das dimensões do PIR, para identificar as carteiras que maximizam o risco versus retorno e utilização dos recursos de maior ranking versus retorno com a venda de energia.

Função objetivo: Maximizar o Retorno [R] utilizando a equação 4.

4.6.1.2 Variáveis de Decisão

Pot: Decidir o quanto investir em cada recurso para cada ano no horizonte de Planejamento, que é de 30 anos;

EP: Decidir quanto gerar de energia com cada recurso de oferta i disponível (recursos de demanda obrigatoriamente geram toda energia possível) em cada ano t .

4.6.1.3 Restrições do Modelo

As das restrições no modelo foram levadas em consideração conforme as equações descritas no capítulo da Metodologia como segue:

Produção máxima: Conforme Equação 17.

Produção mínima: Conforme Equação 18.

Limites de Poluentes: Conforme Equação 20.

Limite de Investimentos: Conforme Equação 21.

Potencial Realizável: Conforme Equação 22.

Geração de Empregos: Conforme Equação 23.

4.6.1.4 Formação de Carteiras para encontrar a melhor relação Retorno x PER

Uma vez definida a carga que deve ser atendida, busca-se encontrar a carteira que atende a esta carga com a melhor relação Retorno x PER. Logo, foi definida uma forma para formar diferentes carteiras que satisfaçam o máximo retorno e o máximo PER, descrita a seguir.

Defini-se o PER máximo para o atendimento da carga. Para isto, o objetivo do modelo passa a ser maximizar o a utilização dos recursos de maior *ranking*, ou seja:

$$MAX \sum_i \sum_t EP_i^t \cdot Rq_i$$

Equação 26

voltando o objetivo para maximizar o retorno, calcula-se o PER para a carteira de máximo retorno. Então, adiciona-se a restrição para o produto da energia gerada pelo *Ranking* do respectivo recurso, cálculo do PER.

Equação 27

$$X - 5 \leq \sum_i \sum_t EP_i^t \cdot Rq_i \leq X$$

Rq: *Ranking* normalizado do recurso *i* resultante do DL;

Uma rotina implementada em VBA roda o modelo para X variando do PER_{mín} (PER da carteira de máximo retorno) ao PER_{máx} com valores discretos. Para cada valor de X a carteira é otimizada para obter-se o máximo retorno.

Em cada simulação da rotina anterior, a série de PML varia segundo a Equação 25.

4.6.1.5 Modelagem de Risco e Incertezas: Simulação das Carteiras

Segundo a análise da estabilidade do desvio padrão do retorno esperado da carteira em função do número de simulações com diferentes cenários de PML, para menos de 100 cenários a variação do desvio padrão pode ser superior a 5%, como indica a [Figura 24].

Portanto, cada uma das carteiras geradas anteriormente é simulada para 100 diferentes cenários de PML.

Os parâmetros a serem analisados são:

- Custo fixo;
- Retorno esperado (media dos retornos para cada carteira);
- Risco (Desvio Padrão dos retornos da carteira);
- Produto Energia gerada por *Ranking* (*PER*);
- Produção de energia (energia gerada – recursos de oferta, e energia economizada – recursos de demanda);
- Emissão de poluentes (Ponderação sendo o “**p**” de cada cenário de demanda para a emissão dos poluentes CO₂, SO_x, NO_x e CH₄).

Figura 24: Estabilidade do desvio padrão em função do nº de cenários de PL

Os gráficos resultantes a partir dos parâmetros são:

- Retorno esperado X Risco (desvio padrão);
- PER - Produto Energia gerada por *Ranking* X Retorno esperado;
- Energia gerada X Produção de carbono equivalente.

A solução para escolha da carteira preferencial é obtida pelo confronto:

Carteiras Eficientes X PER

4.6.2 Dados de Entrada

- Tempo de Implementação de cada recurso, [Anos];
- Vida útil de cada recurso, [anos];
- Potencial realizável de cada recurso, [MW];
- Custo variável e fixo unitário de cada recurso i para cada ano t , [R\$/MWh; R\$/MWmed];

Tabela 7: Dados de Entrada técnico-econômicos

Recurso	Tempo Implem. [anos]	Vida Util, [Anos]	Potencial [MW assegurado]	Custo Variável [R\$/MWh]	Custo Específico [R\$/MW assegurado]
Coletores Solares	0,02	10	14,0	2	70,00
Gás Natural (Cogeração)	1	20	22	100	101,52
Eólica	2	20	81	9	135,00
Bagaço de Cana (Cogeração)	1	30	170,0	10	41,40
ENERGIA IMPORTADA	0	1	1.000,0	1	130,00
UHE Mini	3	20	400,0	20	64,80
Substituição de Lâmpadas	0,49	5	40	5	10,00
Arquitetura Bioclimática	1	30	33	11	112,00
Medidas de Infor./Educação	0,49	1	22	2	126,00
Biogás Para Geração	1	20	250,0	50	39,60
Nuclear	15	40	550,0	50	93,24

- Taxas de emissão de poluentes de cada recurso i por unidade de energia gerada [ton/MWh];
- *Ranking* gerado pelo DL (*Software Decision Lens*);
- Índice de ocupação do solo por cada recurso por unidade de potência assegurada instalada [m²/MW];
- Índice de geração de emprego na construção e operação por unidade de potência assegurada instalada [Emprego/MW];

Tabela 8: Dados de Entrada Sociais e Ambientais

Recurso	COx [kg/MWh]	NOx [kg Ceq./MWh]	CH4 [kg Ceq./MWh]	Ranking	Emprego Construção [emp./MW]	Emprego Operação [emp./MW]	COx [kg/MWh]
Coletor Solar	0,0	0		0,690	55	5	0,0
Gás Natural (Cog.)	565,50	0,30	0,25	0,450	10	3	565,50
Eólica	0,0	0		0,584	10	2	0,0
Bagaço Cana (Cog.)	0,0	37,923648	25,578	0,510	10	6	0,0
ENERGIA IMPORTADA	24,6	0	0	0,000	0	0	24,6
UHE Mini	0,0	0		0,590	10	2	0,0
Subst. de Lâmpadas	0,0	0		0,614	0	0	0,0
Arq. Bioclimática	0,0	0		0,600	55	0	0,0
M. de Infor./Educ.	0,0	0		0,644	10	2	0,0
Biogás (Cog.)	0,0	0,59	0,67	0,520	15	10	0,0
Nuclear	0,0	0	0	0,460	10	2	0,0

- Serie de PML (PML aleatório para cada ano t segundo a [Tabela 9], [R\$/MWh]

A utilização do PML como dado de entrada justifica-se por ser uma variável que mede as variações dos preços no mercado de leilões de energia e pela falta de informações do mercado de ações de energia este serve como indicador para o efeito. Isso reduz o risco de se construir uma carteira que posteriormente pode não satisfazer as condições do mercado nos intervalos do tempo de planejamento. Por outro lado, é considerado no modelo por ser parâmetro de medida para a comercialização de energia no mercado nacional, evidentemente levando em conta algumas condições naturais inerentes ao uso destes recursos energéticos. Para isto foram estabelecidos dois limites: um inferior e outro superior. Dentro deste intervalo foi gerada uma série aleatória, buscando ser flexível em relação ao comportamento do mercado. Para esta simulação utilizou-se o método de Monte Carlo.

Tabela 9: Exemplo de série aleatória de PML

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2019	2024	2029	2034	2039
PML	120,00	29,97	117,20	62,35	52,26	52,07	62,69	125,95	123,56	206,02	221,93	203,57

- Limites de produção de CO₂, SO_x, NO_x e CH₄;

Tabela 10: Limites de emissão de Poluentes [kg C eq.]

2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
0,00E+00	2,22E+06	4,52E+06	6,90E+06	9,35E+06	2,58E+07	3,87E+07	5,34E+07	7,04E+07	9,54E+07	1,19E+08

- Diferença da carga projetada para cada cenário em relação ao ano base, [MWh];

Tabela 11: Diferença das Demandas Projetadas [MWh]

Cenário	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2019	2024	2029	2034	2039
Tendencial	0	91	184	280	380	483	589	1.172	1.862	2.683	3.663	4.835

- Limites de investimento (constantes para todos os anos), [R\$]

Tabela 12: Recursos financeiros para investimento [R\$ 10⁸]

Parâmetro	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2019	2024	2029	2034	2039
Disponível Investir	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,8	2,8	3,1	3,4	3,7	4,3	4,7
PIB	110,0	112,6	115,2	118,0	120,8	139,4	141,7	153,6	169,5	187,3	212,9	236,3
PIB a investir	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Crescimento PIB AA	3%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	15,4%	1,6%	8,4%	10,4%	10,5%	13,7%	11,0%

As carteiras eficientes são definidas pela fronteira eficiente de Markowitz e confrontadas com seus respectivos PERs e restrições de risco-retorno. Opta-se pela

carteira com maior PER possível entre as carteiras eficientes com risco retorno aceitáveis.

4.6.3 Análise dos Resultados

Os resultados apresentados a seguir estão organizados em dois grupos:

- Análise de formação de carteiras para definir a carteira ótima que atenda à carga. Seu objetivo é encontrar a carteira com a melhor relação de risco retorno para um investidor em geração de energia;
- Análise de carteiras seguindo o paradigma do PIR, em que o retorno esperado do investimento em geração de energia transcende o retorno financeiro. Os investimentos em energia atendem aos anseios políticos e necessidades sociais e ambientais, respeitando restrições técnico-econômicas (para captar as 4 dimensões que o PIR avalia utiliza-se o *ranking* dos recursos. Logo, as carteiras analisadas maximizam a utilização de recursos de maior *ranking*).

4.6.3.1.1 Formação de carteiras para definir atendimento a carga

Para verificar o resultado clássico de Markowitz, foi implementada uma rotina em VBA para gerar carteiras de investimento para o primeiro ano do horizonte de estudo (2010). O primeiro ano de estudo admite investimentos em 5 recursos, uma vez que o tempo de implementação deve ser respeitado.

A rotina gera carteiras com investimentos de 0 a 100% do potencial de cada um dos 5 recursos com passos de 50, portanto, 243 combinações possíveis ou carteiras. Para cada carteira gerada são simulados os resultados para cenários de PML, obtendo-se o retorno esperado e o desvio padrão dos retornos para formar o gráfico da Figura 25.

Figura 25: Risco retorno das carteiras de investimento para o ano inicial.

A linha vermelha no gráfico acima indica a fronteira eficiente definida por Markowitz e as carteiras destacadas pela cor rosa indicam as carteiras eficientes.

Verificada a saída do modelo para o resultado esperado pela teoria de Markowitz, a metodologia de formação de carteiras através da variação do produto da energia gerada pelo ranking do respectivo recurso (PER) foi aplicada. Foram formadas 100 carteiras, [Anexo 5].

Figura 26: Visualização gráfica do Ranking x Retorno das carteiras

Na Figura 26, nota-se que a carteira que maximiza seu ranking médio e o retorno esperado ponderados pela produção de energia é a carteira destacada em rosa.

Em seguida, apresenta-se o gráfico de produção de carbono equivalente por retorno esperado, ponderados pela produção de energia (Figura 27). Neste gráfico a carteira que maximiza o retorno esperado ponderado pela produção de energia e minimizando a produção de carbono equivalente também ponderado pela produção de energia é a carteira destacada em azul claro.

Uma observação válida é que ambas as carteiras que maximizam o ranking versus retorno e retorno versus emissão de carbono equivalente coincidem, validando a hipótese colocada pelo eng. Alexandre Reinig (Reinig, 2008), em que ele aponta que os recursos com menor emissão de carbono são considerados melhores em todas as dimensões na avaliação holística, portanto possuem maior ranking.

Figura 27: Visualização da emissão de Carbono equivalente por retorno esperado ponderados pela produção de energia

A análise do gráfico de risco versus retorno relativos ao investimento, [Figura 28], permite traçar a fronteira eficiente, definida pela linha vermelha. Considerando a linha de Mercado de Capitais (linha azul) defini-se a carteira ótima.

Figura 28: Visualização gráfica do Risco x Retorno relativos das carteiras ao investimento

Para taxa livre de risco igual a 10%, a reta que passa pelo ponto de retorno igual a 10% possui risco nulo e tangencia a curva da fronteira eficiente no ponto de ótimo investimento (ponto indicado pelo círculo verde). Logo, a carteira ótima é a carteira destacada pela cor amarela (SHARPE, 1964).

A seguir é apresentada a carteira resultante desta análise. A Tabela 13 apresenta os parâmetros principais que caracterizam o resultado da operação da carteira.

Tabela 13: Parâmetros da carteira selecionada

Carteira Ótima	Resultado	Ranking	Média Anual Emprego	DP CV	CO2	CAEQ	Produção	Economia
Ranking-Retorno	5,34E+08	17.367.385	1.366	7,64E+07	4,19E+08	9,84E+08	2,83E+07	5,18E+06
Risco-Retorno	5,37E+08	22.215.498	1.630	7,48E+07	4,10E+08	1,03E+09	3,50E+07	5,95E+06
COeq-Retorno	5,34E+08	17.367.385	1.366	7,64E+07	4,19E+08	9,84E+08	2,83E+07	5,18E+06

Tabela 14: Carteira-Maximização do Ranking-Retorno e Carbono Equivalente-Retorno

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,8	138,6
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	77,2	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-

Para comparação, é apresentada a carteira que utiliza os recursos de ótimo risco-retorno. Na carteira selecionada opta-se por investir em Mini hidrogeração em detrimento de investimentos em medidas de informação e substituição de lâmpadas.

Tabela 15: Carteira Preferencial ótima da relação Risco versus Retorno

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	0,8	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	278,3	-	-
Subst. de Lampadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.6.4 Proposta do Plano Preferencial para RAA

Na Tabela 14 apresenta-se a proposta do Plano Preferencial dos recursos, distribuídos ao longo dos intervalos de planejamento com as respectivas parcelas dos potenciais a serem utilizados nestes períodos para suprir as cargas projetadas. Nesta proposta prioriza os recursos de maior ranking no processo de integração dos recursos depois de formado o ranking geral pelo DL (Decision Lens).

A Tabela 15 é apresentada a proposta de Plano Preferencial, cuja composição dos recursos ao longo do horizonte de planejamento otimiza a relação risco-retornos.

4.6.5 Plano de Ação

O Plano de Ação é o plano onde são definidas todas as ações a serem tomadas para o aproveitamento dos recursos energéticos que compõem o Plano Preferencial. Portanto, é uma etapa que depende das decisões a serem tomadas para a utilização de cada recurso do Plano Preferencial.

5. Conclusões

Este capítulo se divide em considerações, análise de resultados, perspectivas de desenvolvimentos futuros do trabalho e as contribuições.

5.1 Considerações

Conclui-se a partir desta modelagem que apesar de o processo do PIR ser extenso e complexo, a metodologia adotada reduz a ocorrência de erros no planejamento de longo prazo. Sua utilização exige uma vasta experiência no que concerne à interpretação de variáveis, um conhecimento que transcende a esfera do conhecimento de engenharia, por ser uma metodologia multidisciplinar.

A coleta de informações se dá em várias frentes: social, política, ambiental e energética. Por isto, é necessária a organização destas informações de forma a permitir o seu uso contínuo, conforme exige a etapa de monitoramento e mapeamento da modelagem. Para o estudo de caso escolhido para a validação do modelo, foi utilizada a base de dados, ou chamada mina de dados no contexto do Projeto da FAPESP “Novos Instrumentos de Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos Visando o Desenvolvimento Sustentável”. A estrutura facilitou a busca de informações para alimentar o modelo em discussão.

A identificação dos fatores determinantes na seleção e composição da carteira dos recursos energéticos, considerando o novo ambiente do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos (PIR) baseia-se no conhecimento das características socioeconômicas da região em estudo, que devem ser profundamente pesquisadas a fim de evitar erros na construção das carteiras de recursos energéticos.

Para atingir este objetivo, foram levados em conta os seguintes elementos: características dos recursos existentes na região, planos de desenvolvimento da região ou dos municípios envolvidos, estudo dos processos regionais de tomada de decisão (considerando o conhecimento do comportamento dos tomadores de

decisão e seus poderes de barganha política), as disponibilidades financeiras próprias, os planos ou a capacidade de captação de recursos externos de investimentos, as características do mercado local, o PIB regional, os volumes de importação e exportações, entre outros [Anexo 1].

A validação do modelo desenvolvido para a composição de carteiras de recursos energéticos para o PIR da Região Administrativa de Araçatuba fundamentou-se na premissa de construção de carteiras que mantenham a exportação de energia e satisfaçam as projeções de demandas ao longo do período de planejamento considerado.

O atendimento à demanda e à exportação de energia não deve afetar as condições ambientais, pelo contrário, proporcionar a melhoria destas condições, diversificar os recursos energéticos na matriz para garantir a segurança energética a um menor risco (em todas as dimensões). A aplicação do modelo no estudo de caso implicou na produção de resultados que vieram servir de base para a construção dos Planos Preferencial e, futuramente, dos Planos de Ação para a região em estudo.

Depois de feitas as simulações, prosseguiu-se com a análise de sensibilidade para verificar a consistência do modelo, comparando os resultados e estudando o comportamento dos elementos chaves incorporados no modelo para o estudo da carteira.

Nas simulações feitas, foram obtidas várias carteiras através da variação do PML. Através destes resultados foram selecionadas as carteiras que melhor respondem às condições da Região Administrativa de Araçatuba para a proposta final das opções de recursos a serem aproveitados, analisando todas as características das tecnologias existentes.

Os níveis de riscos e incertezas foram avaliados ao longo do próprio processo do PIR, desde a valoração, a seleção dos recursos pelos envolvidos e interessados através dos critérios pré-definidos e a utilização do método hierárquico, [Cicone, 2007] e, finalmente, complementado através da análise dos desvios padrões do PML e do método clássico de Markowitz, [Markowitz, 1952], da média-variância.

Ainda falta equacionar informações objetivas, tais como a produção de ozônio, ou DBO, que podem ser relacionadas com a produção de energia de cada recurso, e restringir sua produção para formar carteiras mais precisas em relação às conseqüências da utilização desta carteira, posto que atualmente poucas relações são empregadas e a carteira formada é muito dependente da relação holística.

Outra questão percebida na formulação do modelo é quanto ao processo de valoração dos recursos. Este trabalho limitou-se a utilizar atributos possíveis de valoração quantitativa, ainda que para a obtenção do potencial realizável a valoração qualitativa tenha sido considerada na Avaliação Holística dos Custos Completos (AHCC). Para a formação de carteiras considerando todos os atributos das quatro dimensões do PIR, torna-se necessária a criação de algoritmos que permitam incorporar estas variáveis. A dimensão política possui atributos de difícil avaliação pelo método analítico desenvolvido; mas se trabalhados, estes atributos podem resultar em algoritmos, que inseridos no modelo podem ser avaliados analiticamente. Por exemplo, para a dimensão política, pode-se equacionar incentivos fiscais e alguns outros fatores em algoritmos de valoração quantitativa.

O modelo elaborado apresenta características muito complexas em termo de estudo dos sistemas energéticos por incorporar várias etapas que exigem dos planejadores experiência e visão mais ampla na avaliação dos elementos a serem introduzidos. A complexidade do modelo se verifica mais no âmbito de aquisição das informações exigidas que, muitas vezes, são escassas em algumas regiões. Esse problema pode influenciar negativamente os resultados do modelo, apesar de existir a possibilidade de alimentar o processo por meio do Mapeamento e Monitoramento do Plano Preferencial.

O monitoramento é necessário para revisar constantemente o plano e também a reavaliar os níveis dos riscos que surgirem. As incertezas apontadas pela escassez das informações serão reduzidas através dos processos de caracterização, valoração e participação dos interessados e envolvidos durante a revisão do plano, uma das grandes vantagens desta modelagem.

Por outro lado, como a modelagem das carteiras busca computar desde o início do planejamento todas as variáveis ligadas às dimensões social, ambiental, política e não só à técnico-econômica, como tradicionalmente é feito, o grau de confiabilidade na definição das carteiras dentro do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos aumenta, por conta da redução dos níveis de conflitos através desta abordagem, que podem transbordar nos problemas mais graves e prejudicial ao andamento normal do processo do PIR.

Apesar do modelo se apresentar como uma boa ferramenta para a composição e seleção de carteiras de recursos energéticos, alguns procedimentos ainda precisam ser trabalhados e melhorados, principalmente no processo de

otimização e definição da carteira preferencial. As melhorias referidas para o modelo seriam principalmente em relação à escolha do algoritmo computacional ou do software que possibilite o melhor desempenho do modelo. É necessário incorporar todas as variáveis relacionadas à questão de riscos, que muitas das vezes não são de fácil interpretação.

5.2 Análise dos Resultados

As ferramentas utilizadas para esta análise têm suas limitações, o que torna necessário trabalhar com mais ferramentas em complementação às utilizadas.

Com a atual estrutura dos modelos do setor energético o modelo em estudo pode facilitar o processo de implementação dos projetos energéticos e as negociações entre diferentes atores, pois, este traz consigo não só os conceitos do Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos, mas também apresenta as carteiras de recursos energéticos como seu produto final, possibilitando análises, discussões, captação de recursos financeiros através das políticas de incentivos dos governos, cujos elementos podem ser simulados no modelo proposto, e otimização destes investimentos. Para tanto, a Função Objetivo do modelo busca maximizar o retorno dos investimentos.

A utilização da taxa de atratividade nesta modelagem se fundamenta na participação de investidores privados ou capitais de terceiros no mercado de energia, demandando informações sobre a taxa de retorno de investimentos. Portanto, para a formação de carteiras, necessitou-se tratar este parâmetro para uma eficaz tomada de decisão na análise de projetos de investimento, onde se torna necessária a apropriada seleção da taxa mínima de atratividade a chamada TMA no mercado financeiro¹⁵. Com isso, apoiar no direcionamento das políticas públicas regionais ou nacionais através da inserção do PIR.

¹⁵ A importância da utilização da TMA na modelagem da carteira dos recursos energéticos deve-se ao fato desta atuar como o elo entre a decisão de investir e a de financiamento. As fontes de financiamento normalmente desejam um retorno econômico satisfatório sobre os projetos de investimento, ou seja, um retorno que além de cobrir os custos do investimento, tenha um remanescente que adicione algum valor ao investidor ou à empresa.

Acredita-se que a formação da estrutura de capital para investir numa carteira de recursos energéticos não é uma decisão unilateral, mas sim uma decisão baseada no consenso dos interessados e envolvidos. Por isso, o modelo mostra o procedimento da AHCC (Avaliação Holística dos Custos Completos), cujo objetivo é avaliar as opiniões dos interessados e envolvidos em relação aos recursos que comporão a carteira. As fontes de financiamento (componentes da estrutura de capital) precisam ser convencidas da viabilidade, do retorno satisfatório e dos projetos de investimento contidos na carteira. Por outro lado, como os investidores as vezes não cada projeto por si, cabe ao poder publico atual através desta analise direcionar as escolhas da carteira (por exemplo, através de restrições ou incentivos, dependendo das necessidades econômicas do momento). Como este retorno social absolutamente não é visto pelo mercado, são incorporados no modelo como restrições. Pois, os investidores tendem a buscar uma estrutura ótima de capital, ou seja, aquela que possa agregar mais valor, com o menor custo de capital¹⁶ parte da exigência do PIR.

Para obter a taxa mínima de atratividade para carteiras formadas através do modelo em discussão construiu-se a chamada Linha de Mercado de Capitais (LMC), partindo da taxa livre de risco igual a 10%, ou seja, retorno de 10% para risco nulo. A escolha do valor, apesar de ser conservadora, se baseia na taxa SELIC, que normalmente varia nos intervalos entre 9% a 11%. A reta que passa por este ponto, tangencia a fronteira eficiente no ponto onde está localizada a carteira ótima para a relação risco-retorno, [Figura 28], que determina a carteira ótima para o mercado naquele momento.

A simulação das carteiras permite que o modelo opte por gerar ou importar a energia consumida pelo Cenário Tendencial, porque a perda financeira precisa ser suportada por algum agente, no caso a própria sociedade da região. Este montante financeiro que estaria sendo gasto para manter a carteira do PIR operando tiraria recursos financeiros que poderiam ser investidos em outras áreas como educação, infraestrutura, entre outras.

¹⁶ Apesar das limitações da utilização do custo de capital como taxa mínima de atratividade na análise de projetos de investimento, acredita-se que o custo de capital ainda é o critério mais aceitável e justo. Trata-se de um critério mais objetivo e transparente, evitando-se direcionamentos ou justificativas de determinados projetos pelos quais os tomadores de decisão estejam mais inclinados a aceitar ou rejeitar, por motivos políticos. Esta é a razão que leva a incorporação deste parâmetro na construção das carteiras dentro do PIR.

Nesta modelagem perseguiram-se dois objetivos principais: i) fundamentar a funcionalidade do modelo através da Teoria Clássica de formação de carteiras dos ativos financeiros do Markowitz; e ii) analisar a relação entre o ranqueamento de recursos e risco, retorno esperado e volume de investimentos.

O primeiro objetivo foi alcançado através da carteira [Figura 25]. Esta simulação considerou os cinco recursos, resultantes da integração de recursos.

O segundo objetivo foi alcançado através da simulação das carteiras formadas, priorizando o ranking dos recursos energéticos [Figura 28].

Observou-se na simulação do modelo que existe pouca diferença entre a carteira formada pelos recursos de maior ranking e a carteira com a melhor relação risco retorno.

Sem dúvida alguma, o PIR é uma ferramenta necessária na busca da sustentabilidade das futuras sociedades, principalmente quando as premissas definidas são aceitas pela sociedade globalmente. Os benefícios que o PIR é capaz de proporcionar a longo prazo são bem maiores que as perdas atuais quando se avalia os custos de mitigação dos mais variados danos causados pela indústria energética. Porém, isto exige uma percepção do momento para a aplicação das ferramentas. Deve-se precaver de algumas situações durante a análise das variáveis associadas ao processo de valoração, se estas não forem avaliadas, olhando para o lado operacional do sistema, podem gerar conflitos a curto e médio prazo.

Os resultados obtidos mostram a funcionalidade do modelo, mas ainda requerem aperfeiçoamento, os próximos passos deste trabalho. Os aperfeiçoamentos referidos serão detalhadamente comentados no item das perspectivas do desenvolvimento da pesquisa.

5.3 Perspectiva de Desenvolvimentos Futuros

Propõe-se desenvolver um algoritmo genético inteligente para a busca de carteiras eficientes. O processo de análise das carteiras formadas através da variação de parâmetros despende muito tempo de processamento e análise e pode ser automatizado, apesar de exigir um tempo de estudo para esta implementação.

Observou-se na simulação que alguns recursos que compõem as carteiras formadas pelo processo de integração podem apresentar custos de energia extremamente baixos no curto prazo, apesar de serem ótimas e atenderem aos critérios de sustentabilidade, nos períodos de sobra de energia devido às condições naturais favoráveis, principalmente as hídricas. Desta forma, é conveniente e sustentável deixar de operar recursos com alto custo variável e utilizar a energia que hidrelétricas teriam que verter.

Então, levanta-se a questão sobre o que é mais importante para o PIR: uma carteira que produz energia com recursos de maior *ranking* durante a maior parte do tempo ou uma carteira que utiliza os recursos de maior *ranking* possível, ainda que produzam energia de forma intermitente.

Deve ser traçada uma linha de discussão sobre as premissas do PIR de investir nos recursos de maior *ranking*, sem considerar o custo de investimentos e de operação destes recursos em relação aos benefícios que este montante financeiro pode trazer para região, através de investimentos diretos em setores de infraestruturas, educação, saúde dentre outras.

5.4 Contribuições da Pesquisa

A pesquisa desenvolvida neste trabalho traz a grande contribuição no sentido de lançar a semente na modelagem dos elementos do PIR, de conseguir amarrar grande parte das variáveis no processo e modelar para a obtenção das carteiras que podem apoiar na análise do risco, retorno e orientar aos governos nas políticas públicas de investimentos. Também o modelo mostra a relação do ranking dos recursos com a produção de energia, risco, produção de carbono.

Dada modelagem pode ter aplicações em outras áreas, além do planejamento energético, como por exemplo, na logística portuária, perfuração de poços de petróleo e para o próprio mercado financeiro caso a modelagem de carteiras ao longo do tempo avance de forma eficaz.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAVA. Energia Solar. [www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf).
2. Almeida, A. C. Planejamento Energético em Regiões Isoladas da Amazônia Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Pará, UFPA,
3. Almeida, A.C.; Rocha, B.R.P. Planejamento Energético em Regiões Isoladas da Amazônia Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Belém, UFPA, 2008.
4. Almeida, R. D. Energia Nuclear Socialmente Aceitável como Solução possível para a Demanda Energética Brasileira. Revista Brasileira do Ambiente On-Line, Fevereiro, 2006, Volume 2, Numero 1.
5. ATLAS de Irradiação Solar no Brasil. 1998.
6. ATLAS Solarímetro do Brasil. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.
7. Badra, M. A. Energia Geotérmica En La Produccion de Eletricidad para La Argentina:http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/monografias/Energia_geometrica.pdf
8. Baitelo, R. L. Dissertação de Mestrado: Modelagem Completa e Análise dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda para o PIR. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
9. Bajay, S. V. Modelos de Planejamento da Expansão de Sistemas Energéticos. Campinas, UNICAMP, 1998
10. Boarati, J.H. e Shayani, R. A. Hidrelétricas e Termelétricas a Gás Natural. Estudo comparativo Utilizando Custos Completos. São Paulo, EPUSP, 1998.
11. Barbier, F., Gomez, T. Efficiency and Economics of Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cells, "International Journal of Hydrogen Energy, Vol.22, nº 10/11, p. 1027-1037, 1997.
12. BMU Division Z III. Environmental Policy- Ecologically Optimized Extension of Renewable Energy Utilization. Berlin, Abril 2004.
13. Boehm, Berry. Software: Risk Management. California, IEEE Computer Society Press Tutorial, 1989.

14. BOHME, o., Sasaki, H. Evaluation of the Cost Engineering and Cost Estimation of MCFC Power Plants. Fuel Cell Seminar, Program and Abstracts, pg. 61-64, 1994.
15. Busmann, W., Sanner, B. Tendências Geotérmicas para Energia e Saúde. GT- Secretariate, Instituto de Geociências Aplicadas, Justus-Liebig-University, Berlin, 2003.
16. Caio, L. S. Dissertação: Análise das Metodologias de Previsão de Mercado de Energia Elétrica: relações Macroeconômicas e o Novo Perfil de Planejamento no Ambiente Pós-Privatização. São Paulo, IEE, 1998.
17. CAMPOS, A. Gerenciamento Pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso, EPUSP, 2004
18. Cardoso, E. M. Energia Nuclear. Apostila Educativa. Rio de Janeiro.
19. Carvalho, C. E. Tese de Doutorado: Desenvolvimento de Procedimentos e Métodos para Mensuração e Incorporação das Externalidades em Projetos de Energia Elétrica: Uma Aplicação às Linhas de Transmissão Aéreas. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2005.
20. Castro, R.; Lyra Filho, Ch. Um Método de Suporte a Decisões sobre Investimento e Comercialização de Energia Elétrica no Brasil. Campinas, UNICAMP, revista Controle& Automação/Vol. 16, n. 4/ Outubro-Dezembro, 2005.
21. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil: Panorama do Setor de Energia Elétrica no Brasil, Rio de Janeiro, 1988;
22. Centro de Ciências do Ambiente. Hom Page: <http://www.cca.ufam.edu.br/caema/dicas.html>. Abril, 2007.
23. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. 2000. Informe Técnico, Rio de Janeiro, v. 7, n. 7, maio 2002.
24. Centro de Tecnologia do Gás (CTGAS): <http://www.ctgas.com.br/>
25. Céo, S. A., Nyimi, D. R. S. Avaliação Completa dos Recursos de Oferta. Projeto de Formatura, 2002.

- 26.** CEPEL. Relatório Técnico DPP/PER-1165/01: Estudo Comparativo de Microsistemas de Geração Baseados em Combustíveis. Rio de Janeiro, Dez. 2001.
- 27.** CESP- Companhia Energética de São Paulo. Catalogo. Excelência na Produção de Energia Elétrica. São Paulo, 2002.
- 28.** CICONI, D.J., “Modelagem e Aplicação da Avaliação de Custos Completos “Através do Método de Análise Hierárquica Dentro do Planejamento Integrado de Recursos”. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- 29.** CHESF. Biomassa Florestal: Uma Alternativa para Geração de Eletricidade na Região Norte do Brasil. Recife.
- 30.** China Development Forum. Integrated Resource Planning in the Context of China’s Electricity Situation, June 2005.
- 31.** D. Li and W. L. Ng. Optimal Dynamic Portfolio Selection: Multi-Period Mean-Variance Formulation. Mathematical Finance, N.10, p. 387-406.
- 32.** Decision Lens. Capital Planning Resource Allocation and Budgeting. Arlington, 2008.
- 33.** Divisão Agrícola de Araçatuba, Doc. Tec. 93, ISSN 0101-0344.
- 34.** DNAEE-UGRHI-19. Relatório Zero. Araçatuba, 2001.
- 35.** DOSSAT, R.J. Princípios de Refrigeração, São Paulo, Hemus, 1980.
- 36.** EDUA/EFEI – 1997 – Série Sistemas Energéticos II - Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa – Cortez, L. A. B.; Lora, E. S. – Manaus, AM, Brasil.
- 37.** eJournalUSA. Perspectivas Econômicas: Soluções de Energia Limpa. Washington, o, 2006.
- 38.** Eletrobrás. Manual de Mini-centrais Hidrelétricas. Rio de Janeiro, 1985.
- 39.** ELETROBRÁS/PROCEL. Conservação de Energia- Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá, EFEI, 2001.
- 40.** Eletrobrás/Procel. Manual Prático- Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial. Rio de Janeiro.

- 41.** Elton, E.J. e outros. Moderna Teoria de Carteiras e Análise de Investimentos. São Paulo, Ed. Atlas, 2004.
- 42.** EPE. Relatório Analítico- Projeções do Mercado de Energia Elétrica 2005-20015, MME/EPE, 2005.
- 43.** EPE. Relatório Analítico: Projeções do Mercado de Energia Elétrica 2005-2015. Brasília, MME/EPE, 2005.
- 44.** Esteola, D. J. F. e outros. Ponderação do Custo de Capital próprio para o Setor Elétrico Brasileiro. Florianópolis, XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Novembro 2004.
- 45.** FAPESP. Guia Completo de Coleta de Dados em Araçatuba. São Paulo, GEPEA, 2005.
- 46.** FAPESP: RTC- Mina de Dados. São Paulo, GEPEA, 2007.
- 47.** FAPESP: Relatório Técnico: Caracterização das Tecnologias do Lado da demanda. São Paulo, GEPEA, 2006.
- 48.** FAPESP: Relatório Técnico: Caracterização dos Recursos do Lado da Oferta. São Paulo, GEPEA, 2006
- 49.** FAPESP: Relatório Técnico Científico Parcial 3 – Cenários Socioeconômicos, GEPEA, São Paulo, 2009.
- 50.** FAPESP: Relatório Técnico Científico- Mapeamento. São Paulo, GEPEA, 2009.
- 51.** FAPESP: RTC – Oficinas. São Paulo, GEPEA, 2009.
- 52.** FAPESP: RTC- Inventário Ambiental. São Paulo, GEPEA, 2009.
- 53.** FAPESP: RTC- Avaliação Determinística dos Custos Completos. São Paulo, GEPEA, 2008.
- 54.** FDTE/CTEEP. Primeiro Relatório Técnico: Caracterização Completa de Análise Energética dentro do PIR para os Usos Finais no Estado de São Paulo -

Inventário Descritivo de Recursos de Demanda Energética. São Paulo, EPUSP, 2006.

55. FDTE/CTEEP. Segundo Relatório Técnico - Caracterização Completa de Análise Energética dentro do PIR para os Usos Finais no Estado de São Paulo - Levantamento de Atributos de Análise de Recursos de Demanda. São Paulo, EPUSP, 2006.

56. FITZGERALD, A. E, KINGSLEY JÚNIOR., C., KUSKO, A. Máquinas Elétricas- Conversão Eletromecânica da energia - Processos, Dispositivos e Sistemas. São Paulo: McGraw - Hill, 1977. 554p.

57. Fraidenraich, N. Análise Prospectiva da Introdução de Tecnologias Alternativas de Energia no Brasil. Centro de Tecnologias e Geociências <http://www.asades.org.ar/~averma/conferencias-asades06/fv.pdf>.

58. Freeston, D. H. World-wide direct uses of geothermal Energy. Geothermal Institute, University of Auckland, New Zealand, 2001.

59. Freitas, P.J.F. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas, 2 ed. Florianópolis, Visual Books, 2008.

60. Fujii, R. J. Dissertação de Mestrado. Modelo de Caracterização Sistêmica das Opções de Oferta Energética para o PIR. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2007.

61. Fundação Sistema Estadual de Analise de Dados- SEADE, 2002. www.seade.gov.br/.

62. FUNDACION BARILOCHE. MANUAL DO LEAP. Argentina, Bariloche, 2004

63. Garcia, A. G. P. Dissertação de Mestrado: Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria. Rio de Janeiro, Dezembro de 2003.

64. GEPEA: “Relatório de Caracterização dos Recursos e Tecnologias do Lado de Oferta. São Paulo, USP, 2006;

65. GEPEA: “Relatório de Caracterização dos Recursos e Tecnologias do Lado de Demanda. São Paulo, USP, 2007;

66. GEPEA: “Relatório Final Projeto FAPESP, 2007;
67. GEVISA. Notas Técnicas, NT-01,2000.
68. Gimenes, A. L. V. Tese de Doutorado: Modelo de Integração de Recursos como instrumento para um Planejamento Energético Sustentável. São Paulo, Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
69. Godoy, J. e Medina, L.G. Investimentos em Ações- Os Primeiros Passos. São Paulo, Ed. Saraiva, 2006.
70. Green, M.A. et al. Solar Cell Efficiency tables: Version 16. Progress in Photovoltaics. Research and Applications, Sydney, V.8, p.377-384, 2000.
71. Gregory, K., Rogner, H. H. ANNEL: Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, 2002.
72. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Thomas B. Reed & Agua Das, The Biomass Energy Foundation, 1998.
73. http://antigo.campinas.sp.gov.br/saude/vigilancia/epidemiologica/manual_rede_frio.pdf
74. <http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/condicionado.htm>
75. <http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/lampada.htm>
76. <http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/refrigerador.htm>
77. <http://ideiaeluz.com.br/loja/index.php>
78. <http://lamptech.thomasnet.com/>
79. <http://preco2.buscape.com.br/aquecedor-de-agua.html>.
80. <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Hidroclorofluorcarboneto&action=edit>
81. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ar_condicionado
82. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Carnot
83. http://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_de_descarga
84. <http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>

85. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Luminot%C3%A9cnica>
86. <http://ure.areas.pt/main.php/areas/ure/hoteleiro/recomendacoes/iluminacao.html>
87. <http://www.abilumi.com.br/>
88. <http://www.aboissa.com.br/>
89. <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/celulacombustivel.html#func>
90. [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)
91. [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/09-Gas_Natural\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/09-Gas_Natural(2).pdf)
92. <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia19b.asp>
93. <http://www.catermo.com.br/defaultb.htm>
94. <http://www.cleamax.com.br/nossasobras.htm>
95. http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf
96. <http://www.eolica.com.br/>
97. <http://www.evapcooler.com.br/>
98. http://www.gasnet.com.br/novo_novidades_view.asp
99. <http://www.geindustrial.com.br/download/artigos/nt01.pdf>
100. <http://www.gelampadas.com.br/about.asp>
101. <http://www.ibge.gov.br/>
102. http://www.iee.usp.br/ensaios/lab_fotometria.htm
103. http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENCAC2003_GHISI.pdf
(fibras óticas)
104. <http://www.lorenzetti.com.br/dicas2.htm>
105. http://www.luxeonstar.com/item.php?id=2213&link_str=330&partno=05027-PW14
106. <http://www.monar.com.br/>

- 107.** <http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=1&idSubSecao=&idTexto=2>
- 108.** <http://www.osram.com.br/produtos/ilumgeral/fluoresc/endura/index.html>
- 109.** <http://www.osram.com.br/produtos/reatores/index.html>
- 110.** <http://www.paulistabusiness.com.br/goldenplus/ficha/metalgp.pdf>
- 111.** http://www.sociedadedosol.org.br/projeto_aquecimento.htm.
- 112.** <http://www.solarforte.com.br/lojavirtual/default.php?cPath=15&PHPSESSID=b44c71798850b7d2ef0c39265054ced6>.
- 113.** <http://www.steammaster.com.br/equipamentos.asp>
- 114.** <http://www.submarino.com.br/AllProdsBigImageNew.asp?Query=ProductPage&ProdTypeId=27&ProdId=229165&DelSave=1&DisableTop=Y>
- 115.** <http://www.tierramerica.net/2003/0922/ppreguntas.shtml>
- 116.** http://www.unesp.br/propp/dir_proj/Industria/Industr50a.htm
- 117.** <http://www.waterturbine.com/Pages/pricing.html>.
- 118.** http://www2.dem.uc.pt/jose.gois/A3-caldeiras_ISI.pdf
- 119.** Hutterer, G. Geothermal Activity S. Tatus in the Volcanic Caribbean Islands. Proceedings Geothermal Congress. Kyushu-Tohoku, Japan, May-June, 2000.
- 120.** IEE. Apresentações de Aula da Disciplina ENE 5703 – Usos finais e demanda de energia, EPUSP, 2006
- 121.** IEE. Sumário Metodológico: Estudo de Planejamento Integrado de recursos para o Sistema Elétrico de Boa Vista-RR. São Paulo, 1999.
- 122.** Ippommatsu, M., Sasaki, H. Evaluation of the Cost Performance of the SOFC Cell in the Market. International Journal of the Hydrogen Energy, vol. 2, pag. 129-135, 1996.
- 123.** Jannuzzi, G. M. e Swisher, J.: Planejamento Integrado de Recursos Energéticos. Campinas, Editora Autores Associados, 1997

- 124.** Kagan, N. e outros. Apostila: Métodos de Otimização Aplicados a Sistemas Elétricos de Potencia. São Paulo, EPUSP, 2005.
- 125.** Kanayma, P.H. Tese de Doutorado: Mecanismos de Desenvolvimento Limpo no Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2007.
- 126.** Konno, H. and Yamazaki. Mean- Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Application to Tokio Market. Management Science, 37, p.519-531, 1991.
- 127.** Krey, B. and Zweifel, P. Frontier Applications of The Mean Variance Optimization Model for Electric Utilities Planning. Zurich, University of Zurich, 2008.
- 128.** La Rovere, E. L. Economia e Tecnologia da Energia. Ed. Marco Zero/FINEP, 1985;
- 129.** Magnoli, D.; Scalzaretto. R. – Geografia, Espaço, Cultura e Cidadania. São Paulo: Moderna, 1998. v. 1.
- 130.** Maia, R.; Tsunechiro, L. Risk Management- Beyond Risk Analysis. Revista, IEEE, 2007.
- 131.** Mansini and Speranza, M. G. Heuristic Algorithms for The Portfolio Selection Problem with minimum Transaction Lots. Revista “European Journal of Operational Research, 114, p. 219-233.
- 132.** Marcolin, E.; Robaina, A. D. Consumo de Energia e Eficiência das Estações de Bombeamento de Lavouras de Arroz Irrigado. Ciência Rural v3.2 n.2, Santa Maria, mar./abr. 2002
- 133.** Mark Jaccard. Sustainable Fossil Fuels. UK, Cambridge University Press, 2006.
- 134.** MARKOWITZ, Harry – Portfolio Selection – Journal of Finance (March 1952) 77 – 91.
- 135.** Matajs, D.R.R. Demanda Consumo e Custo das Alternativas ao Chuveiro Elétrico no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, USP-IEE. São Paulo, 1997.

- 136.** Matajs, D.R.R. Um Banho de Sol para o Brasil- O que os Aquecedores Solares podem fazer pelo Meio Ambiente e a Sociedade. São Lourenço da Serra, São Paulo, Vitae Civilis, 2005.
- 137.** Matthes, F., Rosenkranz, G., Bermann, C. A Energia Nuclear em Debate: Mitos, Realidades e Mudanças Climáticas. Heinrich Boll Foundation Regional Office for Southern África, 2005.
- 138.** Meier, P. Energy System Analysis for Developing Countries. New York, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 1984.
- 139.** Merton, R. C. Lifetime Portfolio Selection under Uncertainty: The Continuous case. The Review of Economics and Statistics, N. 51, p. 247-257.
- 140.** Mikhailov, L.P. Pequenas Hidroelétricas. Moscou, Ed. Energoatomizdat, 1989.
- 141.** MIT- Massachusetts Institute of Technology. The Future of Geothermal Energy, 2006.
- 142.** Mitzlaff, K. Engines for Biogas: Theory, Modification, Economic Operation. Vieweg, 1988.
- 143.** Mobin, M., Salmito, M. A. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Vol. 39, n.6: "Microbiologia Fúngica dos Condicionadores de Ar nas Unidades de Terapia Intensiva de Teresina, Piauí". Uberaba, Nov./Dez. 2006.
- 144.** Monteiro, C. Energia Eólica: Energia elétrica, através da força dos ventos, produzindo energia limpa e renovável a baixo custo, criando empregos e gerando renda. http://www.unificado.com.br/fisica/energia_eolica.htm.
- 145.** Moore & Wealherford. Tomada de Decisão em Administração com Planilhas Eletrônicas. Porto Alegre, Bookman, 2005.
- 146.** Mugerwa, M. N., Blomen, L. J. M. J. Fuel Cell System Economics. Fuel Cell Systems, ed. Plenum Press, New York, 1993.
- 147.** Multi-Period Mean-Variance Analysis: Toward a General Theory of Portfolio Choice. Journal of Finance, 26, 857-884, 1971.
- 148.** Neto, J. F. C. Excel para Profissionais de Finanças-Manual Prático. Rio de Janeiro, Ed. Elsevier, 2007.

- 149.** Nogueira, H. L. A. Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações. ANEEL, 2000.
- 150.** Ogryczak, W. Risky Choices and Multicriteria Optimization. Varsovia, Warsaw University, Institute of Informatics, September, 1997.
- 151.** Ottinger, R.L. (1991), Consideration of Environmental Externality Costs in Electric Utility Resource Selections and Regulation, in: Vine, E., Crawly, D. (Hrsg.), State of the Art of Energy Efficiency: Future Directions, Washington D.C., 1991, S. 37-60.
- 152.** Padró, C. E. G. Flint Energies Partners with GE Fuel Cell Systems to Market Fuel Cells in Georgia, Press Release. <http://www.plugpower.com/press.html>.
- 153.** Papahristodoulou, Ch. Optimal Portfolios Using Linear Programming Models. Sweden, 1999.
- 154.** PIR Paranapanema. Oficinas. São Paulo, EPUSP, 2000.
- 155.** PowerPal Distributor – contato: David L. Seymour dlseymour@shaw.ca
- 156.** PROCEL. Sistemas de Ar-Condicionado e Refrigeração. Rio de Janeiro, 2002.
- 157.** PROGRAMA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. Motor de alto rendimento. Guia técnico. Rio de Janeiro: 1998 a, v.1. 18p.
- 158.** Regulatory Assistance Project. Portfolio Management: Protecting Customers in an Electric Market That Isn't Working Very Well; Hewlett Foundation Energy Series; July 2002.
- 159.** Reinig, A. O. Projeto de Formatura: Aplicação da Análise de Custos Completos no PIR Visando o Gás Natural e outros Energéticos Não-Renováveis para a Região Administrativa de Araçatuba. São Paulo, EPUSP, 2008.
- 160.** Reis, L. B. Energia Elétrica para O desenvolvimento Limpo Sustentável. São Paulo, Edusp, 2000.
- 161.** Revista Brasileira de Energia - Neto, Vicente Corrêa; Tolmasquim, Maurício Tiomno - Avaliação Econômica da Co-geração em Ciclo Combinado com Gaseificação de Biomassa e Gás Natural no Setor Sucroalcooleiro – Junho de 2001 – Brasil - <http://www.sbpe.org.br/v8n2/v8n2a2.htm>.

- 162.** Rocha, R. Estratégia de Controle para Acionamento a Velocidade Variável para Motores Monofásicos com Operação Otimizada. Belo Horizonte, UFMG.
- 163.** Royal Academy of Engineering. The Cost of Generating Electricity. London, 2004.
- 164.** ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. The Cost of Generating Electricity. UK, London, March 2004.
- 165.** SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda, 1991.
- 166.** Sabesp – Araçatuba, 2006;
- 167.** Santos, E. M. Gás Natural: Estratégias para Uma Nova Energia no Brasil. São Paulo, Annablume Editora, 2002.
- 168.** Santos, M. P. Redução de Risco: Hedge ou Diversificação. São Paulo, Revista de Economia Agrícola, v.55, N.1, p.31-40, Jan./Jun. 2008.
- 169.** Sauer, I. L. e outros. A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro. São Paulo, Ed. Terra e Paz, 2003.
- 170.** Sauer, I. ENE-5703. Aula 4. Usos Finais de Energia: Tecnologias, Tendências, Processos, EPUSP.
<http://www.pea.usp.br/ext/pea2520/ForcaMotriz.ppt#318,1,Slide1>
- 171.** SHARPE, William F. Capital Asset Prices: a Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk - The Journal of Finance (New York) Vol XIX, 3 (Septembre 1964), 425 – 442.
- 172.** Siemens. Seminário Sobre Usinas de Baixa Queda Com Utilização de Grupos Geradores tipo Bulbo. Rio de Janeiro, Junho 1989.
- 173.** Soares, F. H. N. Avaliação do Potencial Realizável para PCH's na Região Administrativa de Araçatuba. São Paulo, EPUSP, 2006.
- 174.** Soletrol. Catalogo de Vendas. Aquecedores Solares de Água Soletrol. São Manuel, SP, 2007.

- 175.** Speranza, M. G. A Heuristic Algorithm for a Portfolio Optimization Model Applied to The Stock Market. Revista “Computers and Operations Research”, 23, p. 431-441, 1999.
- 176.** Switkes, G. Águas Turvas – Alertas sobre as Consequências de Barrar o maior Afluente do Amazonas. São Paulo, 2008.
- 177.** Synapse Energy Economics. Portfolio Management: How to Procure Electricity Resources to Provide Reliable, Low-Cost, and Efficient Electricity Services to All Retail Customers; The Regulatory Assistance Project, October 10, 2003.
- 178.** Systems Analysis Advisory Committee (SAAC). Modelo Olivia: Risk and Expected Cost Associated A Plan. NW Concil, 2004.
- 179.** TBG-Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A. Gravações da Visita, 2006. www.tbq.com.br
- 180.** Tolmasquim, M. (org.). Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência/CENERGIA, 2003.
- 181.** Tolmasquim, M.T. Metodologias de Valoração de Danos Ambientais Causados pelo Setor Elétrico. Rio de Janeiro, COPPE/URFJ, 2000.
- 182.** Udaeta, M. E. M. Tese de Doutorado. Planejamento Integrado dos Recursos Energéticos Visando Um Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.
- 183.** Udaeta, M. E. M., et al. “ Sistemas de Análise Energética para os Usos Finais no Estado de São Paulo” – Proposta de Trabalho para CESP e CTEEP. São Paulo, 2005.
- 184.** Venturini, O. J., Pirani, M. J. Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial. Eletrobrás/Procel, Rio de Janeiro, 2005.
- 185.** Vigil, S. Gestion Integral de Resíduos Sólidos Vol.I e Vol. II. Madrid, McGraw-Hill/International de España, S. A., 1998.
- 186.** www.caltherm.com.br.
- 187.** www.cresesb.cepel.br/Publicacoes/download/Info7_pag1-20.PDF.

- 188.** www.energia-alternativa.com.br
- 189.** www.eurec.be/content/view/45/34/
- 190.** www.fazfacil.com.br/IluminacaoHalogenas.htm
- 191.** www.gasenergia.com.br
- 192.** www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm.
- 193.** WWW-BRASIL. Agenda Elétrica Sustentável 2020. Brasília-DF, Setembro/2006.
- 194.** Xavier-Da-Silva, J. A Digital Model of The Environment An Effective Approach to Area Analysis. Latin American Conference, IGU. Rio de Janeiro, 1982, Anais, Vol. 1, p. 17-22.
- 195.** Yong, M. R. A Minimax-Portfolio Selection Rule With Linear Programming Solution. Management Science, 44, p. 673-683, 1998.
- 196.** Zhang C. and Heller T. Reform of the Chinese Electric Power Market: Economics and Institutions; Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University, 2004.

Anexos

Anexo 1: Dados Socioeconômicos da RAA

Fonte: FAPESP: RTC- Balanço Energoambiental, 2009.

Tabela 16: Resumo de Dados da Região do Estudo de Caso- RAA

Dados do Ano Base para RAA 2008	
Produção na RAA	
Potencia Instalada de Usinas Hidrelétricas, [MW]	6.898
Potencia Instalada de Usinas Termelétricas, [MW]	58,44
Total de Energia Produzida em Hidrelétricas, [MWh]	31.832.258
Produção de Cana de Açúcar, [10 ³ toneladas]	33.209
Produção Total de Álcool, [m ³]	1.922.902
Exportação de Álcool, [m ³]	1.768.280
Produção de Bagaço de Cana, [Toneladas]	2.934.253,01
Produção de Lenha na RAA, [Tep]	4.853
Produção de Carvão Vegetal na RAA, [TEP]	1.532
Movimentação do Gás no Gasoduto Bolivia-Brasil, [mil. m ³ /dia]	175.117,6
Oferta de Biodiesel, c	0,0
Oferta Derivados de Petróleo	0,0
Consumo dos Energéticos e Energia Elétrica na RAA	
Consumo do GLP na RAA, [m ³ /ano]	57.710
Gás Natural, [m ³ /ano]	13.767,3
Consumo de Biodiesel, [10 ⁶ litros/ano]	1,2
Consumo do Óleo Diesel, [10 ⁶ litros/ano]	392, 3
Consumo de Querosene, [m ³]	126
Consumo de Lenha	0,0
Consumo de Gasolina, [m ³ /ano]	75.571
Consumo de Óleo Combustível	26.788
Consumo de Asfalto, [m ³ /ano]	18.710
Consumo do Álcool Anidro, [litros/ano]	35.573.018
Consumo do Álcool hidratado, [litros/ano]	71.110.463
Consumo de Energia Elétrica, [10 ³] MWh/ano	1.431
Ocupação do Solo, [hectares]	1.260.000
Emissões	
Emissões de CO ₂ sem Produção de Álcool, [Gg/Ano]	1438,48
Emissões de CO ₂ com Produção de Álcool, [Gg/Ano]	-872,55
Emissões de CO ₂ sem Produção de Álcool per capita, [Gg/Ano]	1,992
Emissões de CO ₂ com Produção de Álcool per capita, [Gg/Ano]	-1,208
Emissões de NO ₂ na agricultura, [Gg/Ano]	10,7733

Emissões CH ₄ , [Gg/Ano]	80
Emissões de CO ₂ pelas UHE,s,[Gg/Ano]	3.200
Emissões Sox	-
Dados do Mapeamento Local: Valores Totais de Emissões	
Total de Emissões de CO ₂ , [Gg/ano]	3.766,71
Total de Emissões de NO _x , [Gg/ano]	10, 7733
Total de Emissões de Sox, [Gg/Ano]	0
Total de Emissões de CH ₄ , [Gg/Ano]	80
Taxas de Emissões da RAA	
Taxa de emissão total do município ((Kg[CH ₄]/dia), Max	10.092
Taxa de emissão total do município ((Kg[CH ₄]/dia), Min	613
Taxa de emissão total do município ((Kg[CO ₂]/dia), Min	1,45E+04
Taxa de emissão total do município ((Kg[CO ₂]/dia), Max	5,66E+06
DBO despejada (kg/dia) na RAA	13.490,64
Disponibilidade hídrica/área (m ³ /s/km ²)	0,001454297
Demanda Global Superficial, (m ³ /s)	6,0833
Taxa de NO ₂ (µg/m ³) na RAA	3,4766667
Taxa de O ₃ (µg/m ³)	47,642
Concentração média (ppm)	0,23
Mapeamento Antropico: Dados	
Empregos totais na RAA, (Ano 2007)	15.4367
Taxa Media de Urbanização, [%]	81,00
Media de Abastecimento de Água, [%]	98,64
IHD Médio da RAA	0,78
Investimentos, 10 ⁶ R\$/Ano]	579, 285
PIB, [Milhões R\$]	9.465.589
Porcentagem dos Investimentos em relação ao PIB na RAA	61%
Área Total do uso da Terra	18.559,59
Tratamento de Esgoto, [%], Media	98,68

Tabela 17: Atividades Industriais da RAA

Divisão CNAE - Empresa	Categoria de Uso da Divisão - Empresa - Bens de Consumo Não-Duráveis	Categoria de Uso da Divisão - Empresa - Bens Intermediários	Categoria de Uso da Divisão - Empresa - Bens de Capital e de Consumo Duráveis	Total
10-Extração de Carvão Mineral	-	-	-	-
13-Extração de Minerais Metálicos	-	-	-	-
14-Extração de Minerais Não-Metálicos	-	14	-	14
15-Fabricação de Produtos Alimentícios e Bebidas	162	-	-	162
16-Fabricação de Produtos do Fumo	x	-	-	x
17-Fabricação de Produtos Têxteis	x	-	-	x
18-Confeção de Artigos do Vestuário e Acessórios	65	-	-	65
19-Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos de Couro, Artigos de Viagem e Calçados	170	-	-	170
20-Fabricação de Produtos de Madeira	-	x	-	x
21-Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel	-	19	-	19
22-Edição, Impressão e Reprodução de Gravações	31	-	-	31
23-Fabricação de Coque, Refino de Petróleo, Elaboração de Combustíveis Nucleares e Produção de Alcool	-	60	-	60
24-Fabricação de Produtos Químicos	-	16	-	16
25-Fabricação de Artigos de Borracha e Plástico	-	35	-	35
26-Fabricação de Produtos de Minerais Não-Metálicos	-	49	-	49
27-Metalurgia Básica	-	x	-	x
28-Fabricação de Produtos de Metal - Exclusive Máquinas e	-	65	-	65
29-Fabricação de Máquinas e Equipamentos	-	-	28	28
30-Fabricação de Máquinas Para Escritório e Equipamentos	-	-	-	-
31-Fabricação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	-	-	3	3
32-Fabricação de Material Eletrônico e de Aparelhos e Equipamentos de Comunicações	-	-	-	-
33-Fabr.de Equip.de Instrument.Médico-Hospit.,Instr. de Precisão e Óticos,Equip.P/Automação Industrial,Cronômetros	-	-	19	19
34-Fabricação e Montagem de Veículos Automotores,	-	-	7	7
35-Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte	-	-	8	8
36-Fabricação de Móveis e Indústrias Diversas	129	-	-	129
37-Reciclagem	-	-	-	-
Total	561	266	65	892

Tabela 18: Dados Socioeconômicos da RAA, [Balanço Energético, 2009]

UHE	Potência Instalada, (MW)
Ilha Solteira	3.444
Jupia	1.551
Três Irmãos	1.292
Nova Avanhandava	347
Promissão	264
Total	6.898

Tabela 19: Potência Instalada de Termoeletricidade

Usina	Potência Instalada, (MW)
Alcoazul	7,40
Alcomira	2,72
Aralco	4,80
Benalcool	3,80
Campestre	6,32
Clealco	6,20
Destivale	3,20
Diana	2,40
Gasa	4,00
Generalco	3,60
Pioneiros	3,60
Unialco	2,40
Univalem	8,00
Total	58,44

Tabela 20: Produção de Energia na RAA 2000-2008

Usina	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Nova Avanhandava	1485717	1457395	1476801	1358442	1385178	1414903	1323476	1523350	1510354
Jupia	10048900	7184715	8433170	8801030	8948425	9121915	10056459	9610069	9720326
Ilha Solteira	16368900	11390475	14202628	16172376	15807783	16712133	18969136	18650938	17939479
Três Irmãos	2606127	1177745	2920840	2053115	2512165	2597390	2023530	2341965	2662099
Total RAA	30509644	21210330	27033439	28384963	28653551	29846341	32372601	32126322	31832258
Total SP	58146374	49865629	59405254	62992265	61420489	68139684	64502473	67255296	69171590

Tabela 21: Produção de Cana-de_Açúcar

PRODUTOS DE CANA					Unidade: 103 t				
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	9.183	11.759	13.286	15.542	18.329	18.976	22.268	27.982	33.209
Açúcar	355	569	717	812	986	1.104	1.328	1.427	1.211
Cana moída	8.827	11.190	12.569	14.730	17.343	17.871	20.941	26.555	31.998

Tabela 22: Produção de Alcool e Exportação

ÁLCOOL									
Produção em m ³									
Anos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	486.531	546.863	616.089	761.856	823.270	805.908	990.030	1.362.906	1.922.902
Alcool Anidro	214.928	318.570	340.199	476.845	429.413	430.646	398.465	398.465	325.373
Alcool Hidratado	271.603	228.293	275.890	285.011	393.857	375.262	591.565	964.441	1.597.529
Exportação	414.025	464.092	521.885	658.806	710.622	684.176	853.844	1.218.548	1.768.280

Tabela 23: Produção do Bagaço, Melaço na RAA

Produtos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
cana moida SP, Ton.	148256436	176444467	192486643	207572538	230310237	242828824	263870142	296313957	346293389
cana moida RAA, Ton.	8827392	11189991	12569174	14729680	17342665	17871467	20940581	26555043	31998385
produção SP, Ton.	13595100	16191800	17480600	19034400	21119400	22267400	24239700	27172000	31755115,74
produção RAA, Ton.	809470,942	1026873,21	1141464,67	1350711,53	1590318,71	1638813,29	1923648,49	2435098,35	2934253,01

Tabela 24: Produção de Lenha e Carvão Vegetal na RAA e SP

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção de Lenha na RAA, [Tep]	5983	5482	5077	3859	4507	4478	4130	4305	4853
Produção de Lenha na SP, [Tep]	936204	921667	902963	880741	888981	907222	929444	940093	
Produção de Carvão Vegetal na RAA, [TEP]	1890	1731	1604	1217	1422	1413	1303	1359	1532
Produção de Carvão Vegetal SP, [TEP]	118148	117315	114167	110833	114630	115741	116389	117870	

Tabela 25: Consumo de Energia Elétrica por setores de Atividades Econômicas na RAA

Consumo de Energia por Setores									Unidade: 103 MWh
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	30.510	21.210	27.033	28.385	28.654	29.846	32.373	32.126	31.832
Consumo Total	953	1.043	1.054	1.106	1.177	1.285	1.307	1.372	1.431
Residencial	333	361	359	375	387	408	423	452	457
Comercial	134	151	155	164	176	190	200	216	224
Rural	82	88	86	87	97	103	102	102	108
Industrial	234	266	270	288	319	378	369	382	416
Poder Público	42	44	46	48	50	52	54	56	58
Serviço Público	48	49	51	52	53	55	56	58	59
Iluminação Pública	55	56	57	58	59	59	60	61	62
Consumo Próprio	25	28	31	34	37	40	42	45	48
Outros	170	177	184	191	198	205	213	220	227

Tabela 26: Emissões de CO2 por fonte na RAA

EMISSIONES DE CO2 POR FONTE									Unidade: Gg CO2
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Álcool Anidro	31,16	30,71	26,36	26,58	25,26	25,17	27,08	28,13	29,21
Álcool Hidratado	26,93	19,75	30,98	34,41	64,32	62,43	80,60	138,76	176,28
Coque e Carvão Mineral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gasolina	158,37	156,10	134,00	135,11	128,42	127,93	137,63	142,97	148,49
Gasolina Aviação	1,56	1,71	1,09	0,73	0,80	1,03	1,06	0,64	0,65
GLP	65,48	68,86	77,99	74,36	74,77	73,53	80,77	90,85	86,24
Óleo Combustível	380,75	340,28	259,97	198,79	163,09	127,71	87,19	80,63	69,21
Óleo Diesel	506,94	554,56	564,63	553,45	631,43	668,27	686,74	687,01	926,37
Querosene Aviação	1,63	1,88	1,65	1,56	1,62	1,71	1,63	1,75	1,89
Querosene Iluminação	1,13	1,90	2,25	2,15	0,96	0,24	0,15	0,11	0,10
Gás Natural	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
Prod alc. Anidro	-258,31	-382,87	-408,87	-573,09	-516,09	-517,57	-478,89	-478,89	-391,05
Prod alc. Hidratado	-326,42	-274,37	-331,58	-342,54	-473,36	-451,01	-710,97	-1159,11	-1919,98
TOTAL CO2 s/ prod. Álcool	1173,94	1175,75	1098,90	1027,16	1090,69	1088,06	1102,88	1170,90	1438,48
TOTAL CO2 c/ prod. Álcool	589,21	518,51	358,46	111,53	101,25	119,48	-86,99	-467,10	-872,55

Anexo 2: Modelo de Questionário da ACC com os En-In

Nome:
Instituição:
Email:

Avaliação de Custos Completos - Vetor Social

Novembro/2006 - III Oficina do PIR em Araçatuba

Instruções:

- 1 - Fazer comparações par-a-par entre os critérios. Avaliar absolutamente as alternativas em relação aos critérios.
- 2 - Refletir e ser coerente o máximo possível
- 3 - Utilizar escala verbal.

Mesma Importância
Ligeiramente mais indicado
Mais Indicado
Muito mais Indicado
Absolutamente mais indicado

Exemplo: Miguel vai fazer a comparação entre as alternativas Geração Eólica e Geração Fotovoltaica para o critério Poluição Visual. Miguel baseado em seus valores, experiências e conhecimentos acredita que a geração eólica é ligeiramente mais indicada que a geração fotovoltaica sob o ponto de vista de (minimizar) Poluição visual. Ele preenche a seguinte comparação:

Menor Poluição Visual

Geração Eólica	Absolutamente mais indicado	Muito mais Indicado	Mais Indicado	Ligeiramente mais indicado	Indiferente	Ligeiramente mais indicado	Mais Indicado	Muito mais Indicado	Absolutamente mais indicado	Geração Fotovoltaica
----------------	-----------------------------	---------------------	---------------	---------------------------------------	-------------	----------------------------	---------------	---------------------	-----------------------------	----------------------

Se Miguel acreditasse que a Geração Fotovoltaica é Muito mais indicada que a Geração Eólica ele preencheria:

Menor Poluição Visual

Geração Eólica	Absolutamente mais indicado	Muito mais Indicado	Mais Indicado	Ligeiramente mais indicado	Indiferente	Ligeiramente mais indicado	Mais Indicado	Muito mais Indicado	Absolutamente mais indicado	Geração Fotovoltaica
----------------	-----------------------------	---------------------	---------------	----------------------------	-------------	----------------------------	---------------	--------------------------------	-----------------------------	----------------------

4 - Os critérios utilizados serão: Geração de Empregos, Efeitos do desequilíbrio ambiental no meio social (efeito na saúde), Desenvolvimento da infra-estrutura regional (educação, economia, etc), Percepção de conforto, bem estar, qualidade de vida, estética, poluição sonora, odor (está me incomodando?).

5 - As alternativas de Geração de Energia Elétrica pelo lado da Oferta analisadas serão: Gás Natural (GN), Eólico, Bagaço de Cana, Alcool, Diesel, Hidrogeração, Coletores Solares, Bio-diesel.

6 - As alternativas de Utilização Racional de Energia Elétrica pelo lado da Demanda analisadas serão: Substituição de lâmpadas, Arquitetura Bio-climática, Medidas de informação/Educação e termoacumulação.

7 - Qualquer dúvida perguntar a um dos monitores

8 - Serão feitas 54 comparações. Estima-se o preenchimento em 40 minutos, pois deve-se se refletir antes de preencher.

Preenchimento

A - Comparações entre os Critérios

1 Melhor Impacto Social

Maior Geração de Emprego	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Menores Efeitos do desequilíbrio ambiental no social
--------------------------	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	--

2 Melhor Impacto Social

Menores Efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Melhor Desenvolvimento da infra-estrutura regional
--	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	--

3 Melhor Impacto Social

Melhor Desenvolvimento da infra-estrutura regional	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Melhor percepção de conforto
--	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	------------------------------

4 Melhor Impacto Social

Maior Geração de Emprego	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Melhor Desenvolvimento da infraestrutura regional
--------------------------	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	---

5 Melhor Impacto Social

Menores Efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Melhor percepção de conforto
--	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	------------------------------

6 Melhor Impacto Social

Maior Geração de Emprego	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	Melhor percepção de conforto
--------------------------	----------------------------------	--------------------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------	----------------------------------	------------------------------

9 - Desta etapa em diante deve-se apenas dar uma nota absoluta, isto é, dizer o quão bom é a alternativa em questão em relação ao aspecto dito. A escala utilizada tem as opções péssimo, regular, bom, muito bom e excelente.

10 - Exemplo: Bette está analisando a geração foto-voltaica sob o ponto de vista de facilidade de instalação. Ela acredita que a melhor nota a dar seja regular, desta forma o preenchimento fica:

Facilidade de instalação - Foto-voltaica				
Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente

B - Classificação de Oferta

7 Maior geração de empregos

GN

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

8 Maior geração de empregos

Eólico

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

9 Maior geração de empregos

Bagaço de Cana

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

10 Maior geração de empregos

Alcool

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

11 Maior geração de empregos

Diesel

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

12 Maior geração de empregos

Hidrogeração

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

13 Maior geração de empregos

Coletor Solar

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

14 Maior geração de empregos

Bio-diesel

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

15 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

GN

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

16 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

Eólico

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

17 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

Bagaço de Cana

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

18 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

Alcool

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

19 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

Diesel

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

20 Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social

Hidrogeração

Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
---------	---------	-----	-----------	-----------

21	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social				Coletor Solar
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
22	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social				Bio-diesel
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
23	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				GN
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
24	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Eólico
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
25	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Bagaço de Cana
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
26	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Alcool
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
27	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Diesel
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
28	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Hidrogeração
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
29	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Coletor Solar
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
30	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional				Bio-diesel
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
31	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				GN
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
32	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Eólico
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
33	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Bagaço de Cana
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
34	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Alcool
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
35	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Diesel
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
36	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Hidrogeração
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
37	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Coletor Solar
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
38	Melhor percepção de conforto (não incomoda)				Bio-diesel
	Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente

C - Classificação de Demanda

39	Maior geração de empregos	Troca de lâmpadas				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente

40	Maior geração de empregos	Arquitetura Bio-climática				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente

41	Maior geração de empregos	Medidas de Educação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
42	Maior geração de empregos	Termo-acumulação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
43	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Troca de lâmpadas				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
44	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Arquitetura Bio-climática				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
45	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Medidas de Educação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
46	Menores efeitos do desequilíbrio ambiental no social	Termo-acumulação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
47	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional	Troca de lâmpadas				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
48	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional	Arquitetura Bio-climática				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
49	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional	Medidas de Educação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
50	Maior desenvolvimento da Infraestrutura regional	Termo-acumulação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
51	Melhor percepção de conforto (não incomoda)	Troca de lâmpadas				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
52	Melhor percepção de conforto (não incomoda)	Arquitetura Bio-climática				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
53	Melhor percepção de conforto (não incomoda)	Medidas de Educação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
54	Melhor percepção de conforto (não incomoda)	Termo-acumulação				
		Péssimo	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente

Anexo 3: Valoração dos Recursos Energéticos da RAA

Fonte: FAPESP: RTC- ACC.

Tabela 27: Valoração da Dimensão Ambiental

Dimensão	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental
Critério	Geração de Gases de Efeito Estufa	Tipo de poluente aéreo gerado	Consumo de Água	Tipo de efluente gerado	Peso do Resíduo gerado por MWh	Ocupação do Solo	Tipo de resíduo gerado
Unidade	ton GEE / MWh	Tipo	m3 / MWh	tipo	Kg/MWh	m2 / MW	Tipo
Coletor Solar	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Gás Natural para Cogeração	10	Gases do Efeito Estufa e Nox	Consumo regular para geração	Fluidos da maquina geradora	Nulo	74	Fugas
Eólica	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	149241	Nulo
Bagaço de Cana para Cogeração	0	NOx CO MP	Consumo regular para geração e fugas	Fluidos da maquina geradora	5 kg de cinzas/tc	NULO	Cinzas
Hidrelétrica	5	Não há emissão	Nulo	Reduzidas volumes de fluidos da maquina geradora	Nulo	210	Nulo
Pico-Hidrogeração	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
PCH	2	Não há emissão	Nulo	Reduzidas volumes de fluidos da maquina geradora	Nulo	170	Nulo
Substituição de Lâmpadas	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Arquitetura Bioclimática	0	Não há emissão	Fugas esporádicas	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Medidas de Informação e Educação	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Termo-Acumulação	0	Não há emissão	Fugas regulares no sistema	Fluidos de fugas	Nulo	Nulo	Nulo
Biodiesel para Mot. Comb. Interna	0.45	Gases do Efeito Estufa Nox MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluidos da maquina geradora	0.77	400	Sólidos dos filtros

Álcool para Mot. Comb. Interna	0	Gases do Efeito Estufa Nox MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluidos da maquina geradora	0.77	400	Sólidos dos filtros
Gasolina para Mot. Comb. Interna	0.76	Gases do Efeito Estufa Sox NOx MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluidos da maquina geradora	0.77	400	Sólidos dos filtros
Carvão Mineral para Térmicas	0.869935	Gases do Efeito Estufa Nox Sox MP Metais Pesados	Consumo considerável mais fugas regulares	Fluidos da maquina geradora e outros	57	900	Cinzas
Biogás para Cogeração	-7.8	Gases do Efeito Estufa e Nox	Algumas fugas sistêmicas	Fluidos da maquina geradora	Nulo	290	Fugas
Gás Natural para Mot. Comb. Interna	0.3890256	Gases do Efeito Estufa e Nox	Fugas regulares no funcionamento	Fluidos da maquina geradora	0.068	400	Sólidos dos filtros
Nuclear	0	Não há emissão	Consumo regular para geração	Efluente radioativo	Irrisório	800	Lixo Radioativo
Diesel para Mot. Comb. Interna	0.9	Gases do Efeito Estufa Nox Sox MP Metais Pesados	Fugas regulares no funcionamento	Fluidos da maquina geradora	0.2	400	Sólidos dos filtros
Célula Combustível	0	Não há emissão	Fugas esporádicas	Nulo	Nulo	100	Nulo
Geotérmica	0	H2S	Consumo normal na geração mais fugas regulares	arsênico, mercúrio ou boro em pequenas quantidades	Nulo	100	Nulo

Tabela 28: Valoração da Dimensão Social

Dimensão	Social	Social	Social	Social	Social	Social
Critério	Percepção de Conforto	Efeitos em Edificações	Efeitos na Saúde Pública	Maior Desenvolvimento do IDH Regional	Geração de empregos Durante a Construção	Geração de Empregos Durante a Operação
Unidade	Descrição	ton SOx / MWh	Descrição	Variação do IDH REGIONAL / MW (%)	n. empregos / MW	n. empregos / MW
Coletor Solar	Não há nenhum aspecto visual pois o coletor solar fica longe do alcance de visão dos moradores	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	1	55	5

Gás Natural para Cogeração	Barulho	Não há emissão de gases da chuva acida	Não detectado	0.1	10	3
Eólica	Problemas com ruídos e paisagem	Não há emissão de gases da chuva acida	Os casos de pessoas que adoeceram com as vibrações dos geradores	0.2	10	2
Bagaço de Cana para Cogeração	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva acida	Problemas no trato respiratório	Indiferente	10	6
Hidrelétrica	Mudança da paisagem	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	2	10	2
Pico-Hidrogeração	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	Indiferente	30	30
PCH	Mudança de paisagem	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	1	10	2
Substituição de Lâmpadas	Perda na gama de cores na troca de lâmpadas o que causa desconforto visual	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	0.15	Nulo	Nulo
Arquitetura Bioclimática	Aprimoramento do uso habitacional	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	1	55	Nulo
Medidas de Informação e Educação	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	0.05	10	2
Termo-Acumulação	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	Indiferente	1	1
Biodiesel para Mot. Comb. Interna	Barulho e odores	Neutro	Possíveis problemas no trato respiratório	0.05	5	2
Álcool para Mot. Comb. Interna	Barulho e odores	Neutro	Possíveis problemas no trato respiratório	Indiferente	5	2
Gasolina para Mot. Comb. Interna	Barulho e odores	0.011	Possíveis problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Carvão Mineral para Térmicas	Barulho, odores e fuligem	0.015	Consideráveis problemas no trato respiratório	Não valorado	10	2

Biogás para Cogeração	Barulho	Não há emissão de gases da chuva acida	Não detectado	0.2	15	10
Gás Natural para Mot. Comb. Interna	Barulho e odores	Não há emissão de gases da chuva acida	Possíveis problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Nuclear	Desconforto por preconceito	Não há emissão de gases da chuva acida	Câncer	1	10	2
Diesel para Mot. Comb. Interna	Barulho e odores	0.0022	Problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Célula Combustível	Modificação leve da paisagem	Não há emissão de gases da chuva acida	Nulo	Não valorado	Não Valorado	Não Valado
Geotérmica	Barulho	Sem medida aparente	H2S pode causar náuseas	Não valorado	4	1.7

Tabela 29: Valoração da Dimensão Política

Dimensão	Político	Político	Político	Político	Político	Político	Político	Político
Critério	Relação com Variação Cambial	Localização da Fonte do Recurso	Propriedade da Fonte	Propriedade da Tecnologia	Apoio Político	Desconto nos Impostos	Aceitação da Sociedade	Aceitação das Entidades Privadas
Unidade	Descrição	Local ou Nacional ou Importado	Livre ou Governo ou Importada	Livre ou Nacional ou Importada	Descrição	Descrição	Descrição	Descrição
Coletor Solar	Não afeta	Local	Livre	Nacional	Existem programas de governo	isenção de impostos e facilidades de financiamento	Economia no gasto mensal de energia	Economia no gasto mensal de energia
Gás Natural para Cogeração	Afeta	Importado	Privada	Importada	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Não há	Indiferente	Eficiência energética e econômica
Eólica	Não afeta	Local	Livre	Nacional	PROINFA	Compra garantida da energia	Certo aproveitamento para poços de água	PROINFA
Bagaço de Cana para Cogeração	Não afeta	Local	Privado	Nacional	PROINFA	Compra garantida da energia	Melhor aproveitamento dos recursos locais	Eficiência energética e econômica
Hidrelétrica	Não afeta	Local	Governo	Nacional	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Não há	Uso recreativo dos lagos, efeitos na mata ciliar e assoreamento	Oportunidade de negócios
Pico-Hidrogeração	Não afeta	Local	Governo	Nacional	Não há	Não há	Geração de energia sustentável pontual	Indiferente
PCH	Não afeta	Local	Governo	Nacional	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Facilidade na transmissão	Uso recreativo dos lagos, efeitos na mata ciliar e assoreamento	Oportunidade de negócios e possibilidade de créditos de carbono

Substituição de Lâmpadas	Não afeta	Nacional / Internacional	Privado	Misto	Não há	sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Arquitetura Bioclimática	Não afeta	Local	Privado	Misto	Não há	Não há	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Medidas de Informação e Educação	Não afeta	Local / Nacional	Misto	Nacional	PROCEL	sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Termo-Acumulação	Não afeta	Local / Nacional	Privado	Nacional	PROCEL	sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Eficiência energética e econômica
Biodiesel para Mot. Comb. Interna	Não afeta	Local e/ou Nacional	Misto	Nacional	Há programas governamentais	Leilão governamental	Uso de energia para o desenvolvimento limpo	Oportunidade de negócios e possibilidade de carbono zero
Álcool para Mot. Comb. Interna	Não afeta	Local	Privado	Nacional	Existem facilidades fiscais	Não há	Uso de energia para o desenvolvimento limpo	Oportunidade de negócios e possibilidade de carbono zero
Gasolina para Mot. Comb. Interna	Não afeta	Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Combustível de mercado
Carvão Mineral para Térmicas	Não afeta	Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Sem valor
Biogás para Cogeração	Não afeta	Local	Misto	Misto	Não há	Não há	Otimização do tratamento dos resíduos urbanos	Emissão de créditos de carbono
Gás Natural para Mot. Comb. Interna	Afeta	Importado	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível limpo mas não renovável	Combustível limpo e diversificação energética
Nuclear	Não afeta	Nacional	Governo	Importado	Não há	Não há	Receio de acidentes nucleares	CNPE aprovou Angra III
Diesel para Mot. Comb. Interna	Não afeta	Internacional / Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Combustível de mercado
Célula Combustível	Não afeta	Internacional	Privado	Importada	Não há	Não há	Energia limpa	Sem valor

Geotérmica	Não afeta	Local	Privado	Importada	Não há	Não há	Energia limpa e renovável	Sem valor
------------	-----------	-------	---------	-----------	--------	--------	---------------------------	-----------

Tabela 30: Valoração da Dimensão Técnico-Econômica

Dimensão	Tec-Econômica	Tec-Econômica	Tec-Econômica	Tec-Econômica	Tec-Econômica	Tec-Econômica	Tec-Econômica
Critério	Custo de Energia Gerada / Economizada	Tempo de Recuperação do Capital	Confiabilidade do Recurso	Tempo para Implementação	Vida Útil	Facilidade de Instalação, Operação e Manutenção	Custo de Geração
Unidade	R\$ / MWh	Anos	%	tempo (dias/meses/anos)	Anos	R\$ / homem.hora	R\$ / KW
Coletor Solar	70	3	70%	7 dias	10 anos	20	2000
Gás Natural para Cogeração	68	10	75%	1 ano	20 Anos	60	1121
Eólica	127	10	25%	2 anos	20 Anos	60	1360
Bagaço de Cana para Cogeração	183	15	50%	1 ano	30 ANOS	40	1500
Hidrelétrica	80	25	80	8 anos	50 anos	60	600
Pico-Hidrogeração	120	8	90	3 meses	20 a 30 anos	30	1200
PCH	121	10	80	3 anos	20 a 30 anos	60	900
Substituição de Lâmpadas	100	0,3 ano	50	6 meses	3 a 5 anos	20	1100
Arquitetura Bioclimática	112	10	50	1 ano	30	60	5000
Medidas de Informação e Educação	126	0.5	25	6 meses	1	30	0
Termo-Acumulação	140	10	95	2 meses	20	30	0
Biodiesel para Mot. Comb. Interna	329	15	70	2 anos	30 anos	60	500
Álcool para Mot. Comb. Interna	200	15	80%	2 anos	30 anos	60	400
Gasolina para Mot. Comb. Interna	210	15	85	2 anos	30 a 40 anos	50	400
Carvão Mineral para Térmicas	175	20	70	6 anos	30 a 40 anos	50	1500
Biogás para Cogeração	126	10	80	1 ano	20 a 30 anos	60	2000
Gás Natural para Mot. Comb. Interna	180	20	75	2 anos	30 a 40 anos	60	400
Nuclear	64.62	23	85%	15 anos	40	60	2500
Diesel para Mot. Comb. Interna	229	20	85	2 anos	30 a 40 anos	50	500

Célula Combustível	60	5	95	1 ano	10	60	5000
Geotérmica	200	10	65	5 anos	20	60	4000

Anexo 4: Cenários Socioeconômicos - Ano Base para a Região Administrativa de Araçatuba

Extraído do Relatório Técnico Científico Parcial 3 - Cenários socioeconômicos (FAPESP, 2009).

Tabela 31: Distribuição da População em Residências e Classes Econômicas

	Por classe Total				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
	33	58	5	4	
pop	287225	502568	46080	31236	867109
nº de res	91712	157523	14872	10362	274469

	Por classe Urbano				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
	32	59	6	4	
pop	260754	484913	45507	30191	821364
nº de res	83260	151989	14687	10015	259951

	Por classe Rural				
	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado	Total
	58	39	1	2	
pop	26471	17655	573	1046	45745
nº de res	8452	5534	185	347	14518

Residências	%	total
Urbanas	95	821364
Rurais	5	45745

Taxa de Crescimento da população %	1,5	1,35 (limite)
população 2008	867109	

Número de Pessoas por Residência				
Classe C	Classe B	Classe A	Sem Declaração	
3,131816506	3,190450993	3,09841021	3,014473568	

Tabela 32: Distribuição de Eletrodomésticos por Classe de Renda

%	Classe C	Classe B	Classe A	Não Declarado
Urbana	31,746	59,038	5,540	3,676
Fogão				
Tinham	98,946	99,785	100,000	99,785
Rádio				
Tinham	86,911	95,226	98,180	94,987
Televisão				
Tinham	93,794	98,557	100,000	99,134
Geladeira				
Tinham	94,561	99,309	100,000	99,572
Freezer				
Tinham	2,279	19,608	51,325	68,430
Máquina de lavar roupa				
Tinham	23,994	65,077	95,800	81,221

Fonte: PNAD 2007

Tabela 33: Potência Instalada em Lâmpadas e Média de Uso em Residências da Classe C

		Classe C		
	outras	incandescente	fluorescente	total
Unidades	0,05	4,9	2,2	7,15
%	0,6993007	68,5	30,8	
Potência (W)	15		0,7	10,5
Potência (W)	20		0,35	7
Potência (W)	21		0,71	14,91
Potência (W)	25	0,08	0,13	5,25
Potência (W)	40	0,37	0,31	27,2
Potência (W)	60	3,74		224,4
Potência (W)	100	0,66		66
Potência (W)	150	0,04		6
Média de potência instalada				361,26
			esporádico	Diário
Fluorescente		potência (W)	22,74	25,32
Incandescente		potência (W)	181,73	131,47
KWh/ano		Fluorescente	2075	36963
		Incandescente	16583	191952

Fonte: SINPHA, 2006

Tabela 34: Relativização de Uso de Energéticos para Cocção - Brasil

Classe C	absoluto	% do total	% da Classe	% da Zona	Até 5
Total	2.385.157	29,665			Total
Urbana	2.066.123	25,697	86,62		
Rural	319.034	3,968	13,38		
Total	24.699	0,307	1,04		Gás canalizado
Urbana	24.384	0,303	1,02	1,18	
Rural	315	0,004	0,01	0,10	
Total	2.092.903	26,030	87,75		Só gás de botijão
Urbana	1.948.335	24,232	81,69	94,30	
Rural	144.568	1,798	6,06	45,31	
Total	47.098	0,586	1,97		Só lenha
Urbana	12.640	0,157	0,53	0,61	
Rural	34.458	0,429	1,44	10,80	
Total	196.958	2,450	8,26		Gás de botijão e lenha
Urbana	59.267	0,737	2,48	2,87	
Rural	137.691	1,713	5,77	43,16	
Total	153	0,002	0,01		Carvão
Urbana	106	0,001	0,00	0,01	
Rural	47	0,001	0,00	0,01	
Total	1.206	0,015	0,05		Outro
Urbana	1.022	0,013	0,04	0,05	
Rural	184	0,002	0,01	0,06	
Total	22.140	0,275	0,93		Não tinham fogão ou fogareiro
Urbana	20.369	0,253	0,85	0,99	
Rural	1.771	0,022	0,07	0,56	

Fonte: Censo 2000, IBGE.

Portanto, o Ano base foi assim constituído:

Setor Residencial

- 99,01 % das Residências são eletrificadas
- 95% Estão na área Urbana e 5% na área Rural

Na área Rural:

- 58% das residências são de Classe C
- 39% são de Classe B
- 3% são de Classe A

Na área Urbana:

- 32% das residências são de Classe C
- 62% são de Classe B
- 6% são de Classe A

A intensidade energética de Iluminação depende da Classe:

- Em residências da Classe C, lâmpadas incandescentes têm intensidade de 208,534 kWh/ano, lâmpadas de descarga têm intensidade de 39,039 kWh/ano e outros tipos, de 0,7 kWh/ano;
- Nas residências de Classe B, incandescentes são de 273,984 kWh/ano, de descarga tem 68,996 kWh/ano e outras, de 1,2 kWh/ano;
- Nas de Classe A, incandescentes usam 293,926 kWh/ano, de descarga usam 159,59 kWh/ano e outras usam 1,8 kWh/ano;
- Para todas as classes, geladeiras novas gastam 600 kWh/ano, antigas gastam 720 kWh/ano e aparelhos eficientes gastam 444 kWh/ano;
- Freezers novos gastam 402 kWh/ano, antigos gastam 482 kWh/ano e eficientes gastam 297,5 kWh/ano;
- Aparelhos de ar condicionado novos usam 576 kWh/ano e antigos usam 691,2 kWh/ano;
- Aspersores usam 45,6 kWh ano;
- Ventiladores usam 57,6 kWh/ano;
- Aquecedores de água a gás usam 563,4 m³/ano de gás natural e aquecedores elétricos gastam 901,44 kWh/ano;
- Fogões a gás natural usam 69,23 m³/ano, enquanto fogões a GLP usam 47,45 quilogramas/ano, fogões à lenha utilizam 525 quilogramas/ano e fornos elétricos/microondas utilizam 400 kWh/ano;
- Lavadoras de roupa utilizam 75,6 kWh/ano.

Setor Comercial

- Há 6262 estabelecimentos comerciais em 2008 na região;
- Para força motriz, os estabelecimentos utilizam, em média, 4610 kWh/ano de eletricidade, 1020 kWh/ano de gás natural, 320 kWh/ano de diesel, 1780 kWh/ano de GLP e 180 kWh/ano de óleo combustível;
- Foram utilizados em aquecimento, 2760 kWh/ano de eletricidade, 610 kWh/ano de gás natural, 610 kWh/ano de madeira, 190 kWh/ano de diesel,

1070 kWh/ano de GLP e 110 kWh/ano de óleo combustível e 170 kWh/ano de carvão vegetal;

- Para refrigeração, foram utilizados, em média, 10750 kWh/ano de eletricidade;
- Em iluminação, a intensidade energética média é de 13310 kWh/ano de eletricidade;
- O condicionamento ambiental tem intensidade energética de 510 kWh/ano de energia elétrica.

Setor Industrial

- Há 2906 instalações industriais em 2008 na região;
- Para força motriz, os estabelecimentos utilizam, em média, 87,56 MWh/ano de eletricidade, 62,95 MWh/ano de gás natural, 11,62 MWh/ano de diesel, 7,34 MWh/ano de GLP e 11,60 MWh/ano de óleo combustível;
- Foram utilizados em aquecimento, 25,5 MWh/ano de eletricidade, 18,33 MWh/ano de gás natural, 15,16 MWh/ano de madeira, 3,39 MWh/ano de diesel, 2,14 MWh/ano de GLP e 3,38 MWh/ano de óleo combustível, 2,73 MWh/ano de carvão vegetal e 220 MWh/ano de Bagaço de cana;
- Para refrigeração, foram utilizados, em média, 8,64 MWh/ano de eletricidade;
- Em iluminação, a intensidade energética média é de 4,53 MWh/ano de eletricidade;
- O condicionamento ambiental tem intensidade energética de 710 kWh/ano de energia elétrica.

Setor Agrícola

- Há 4501 estabelecimentos agrícolas em 2008 na região;
- Para força motriz, os estabelecimentos utilizam, em média, 17,4 MWh/ano de eletricidade, 70,84 MWh/ano de diesel, e 1,39 MWh/ano de óleo combustível;
- Foram utilizados em aquecimento, 5,05 MWh/ano de eletricidade, 0,15 MWh/ano de gás natural, 1,38 MWh/ano de madeira, 20,63 MWh/ano de diesel, e 0,41 MWh/ano de óleo combustível;
- Para refrigeração, foram utilizados, em média 1,72 MWh/ano de eletricidade;
- Em iluminação, a intensidade energética média é de 900 kWh/ano de eletricidade;

- O condicionamento ambiental tem intensidade energética de 140 kWh/ano de energia elétrica.

Exportação Energética

A exportação energética da região refere-se à quantidade de energia produzida incluída no Sistema Interligado Nacional – SIN – que, para o ano base é quase por completo preenchido pelas grandes usinas hidrelétricas da região, que totalizam 6.000 MW de potência instalada que geram anualmente 44.676 GWh.

Resultados: Previsão de Demanda- Cenário Tendencial

A Tabela 35 apresenta a projeção de consumo de energia para o setor residencial e a Tabela 36 discrimina os resultados por energético para o cenário Tendencial.

Tabela 35: projeção de consumo de energia no setor residencial (em mil MWh)

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Eletrificado (MWh)	814,6	828,5	842,4	856,3	870,2	944,2	990,4	1.034,2	1.075,1	1.122,8	1.155,9
Não Eletrificado	2,6	2,1	1,6	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	817,1	830,6	844,0	857,3	870,7	944,2	990,4	1.034,2	1.075,1	1.122,8	1.155,9

Tabela 36: Projeção de Consumo de energia do setor residencial por energético (em mil MWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Lenha	25,1	25,3	25,6	25,8	26,0	27,7	28,9	30,2	31,6	33,4	35,0
Gás Natural	42,1	42,6	43,0	43,5	44,0	46,4	48,0	49,6	51,3	53,1	54,6
GLP	165,5	167,6	169,8	171,9	174,1	188,4	198,7	209,5	220,9	236,3	249,4
Querosene	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eletricidade	584,7	597,2	609,9	622,8	635,8	711,2	763,3	817,6	873,9	949,1	1.011,7
Total	817,7	832,9	848,4	864,1	880,0	973,7	1.038,9	1.106,9	1.177,7	1.271,9	1.350,6

Tabela 37: Projeção do Consumo de Energia por Setor (mil MWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Residencial	817,7	833,0	848,5	864,1	880,0	973,7	1.038,9	1.106,9	1.177,8	1.271,9	1.350,7
Industrial	1.413,2	1.455,6	1.499,3	1.544,3	1.590,6	1.899,2	2.137,6	2.405,9	2.707,9	3.139,2	3.533,2
Comércio	241,1	249,6	258,3	267,4	276,7	340,2	390,3	447,9	514,0	610,5	700,5
Público	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8	117,8
Agrícola	486,2	510,6	536,1	562,9	591,0	792,0	962,7	1.170,2	1.422,4	1.815,4	2.206,6
Total	3.076,1	3.166,5	3.259,9	3.356,4	3.456,1	4.123,0	4.647,4	5.248,7	5.939,8	6.954,7	7.908,7

Tabela 38: Projeção de Consumo de Energia Elétrica por Setor (mil MWh)

	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Residencial	584,7	597,2	609,9	622,8	635,8	711,2	763,3	817,6	873,9	949,1	1.011,7
Industrial	368,9	380,0	391,4	403,1	415,2	495,8	558,0	628,0	706,8	819,4	922,2
Comércio	200,0	207,0	214,3	221,8	229,5	282,1	323,8	371,5	426,3	506,3	581,0
Público	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6
Agrícola	102,2	107,3	112,7	118,3	124,2	166,5	202,4	246,0	299,0	381,6	463,8
Total	1.356,4	1.392,1	1.428,8	1.466,6	1.505,4	1.756,2	1.948,0	2.163,7	2.406,7	2.757,0	3.079,4

Tabela 39: Expectativa de Exportação de Energia Elétrica por Cenário em GWh

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2019	2024	2029	2034	2039
Tendencial	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Sustentável	60,0	60,6	61,2	61,8	62,4	63,1	63,7	66,9	70,4	73,9	77,7	81,7
Primoroso	60,0	61,2	62,4	63,7	64,9	66,2	67,6	74,6	82,4	90,9	100,4	110,9
Otimista	60,0	61,2	62,4	63,7	64,9	66,2	67,6	74,6	82,4	90,9	100,4	110,9

Anexo 5: Planilhas das Carteiras Simuladas

Formação das carteiras variando o PER para uma carga atendida fixa

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	10,3	21,0	32,0	43,4	119,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	0,7	13,3	90,6	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	28,9	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	53,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	78,3	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	117,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	78,3	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	70,0	173,5	242,2	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	161,3	229,9	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	125,2	193,9	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	65,4	134,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	114,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	53,1	121,7	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	126,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	17,0	85,7	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	162,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	49,6	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	198,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	43,2	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	156,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	55,4	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	156,9	272,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	45,5	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	60,1	176,0	454,9
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	96,8	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,1	333,0
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	218,7	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,3	326,2
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	23,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	225,5	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,8	138,6
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	77,2	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	15,8	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	94,2	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	162,3	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	2,4	15,4	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	183,0	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	2,4	15,4	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	22,0	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	-	-	169,3	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	-	181,8	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	-	-	24,7	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	-	17,0	-	-	-	-

Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	400,0	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	3,2	-	-	-	396,8	3,2	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	-	24,7	-	-	-	42,5	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	27,8	-	-	-	-	372,2	27,8	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	23,3	-	-	-	33,2	-	-	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	22,0	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	-	-	396,2	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	29,5	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	43,5	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-

Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	24,7	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	399,5	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	24,7	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	31,5	-	-	-	-	368,5	31,5	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	-	-	-	-	-	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	-	-	21,8	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	22,0	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	296,3	-	-	-	-	103,7	296,3	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	29,5	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	22,0	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	224,5	-	-	-	-	175,5	224,5	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	24,0	-	-	-	37,5	42,5	-	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	550,0
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039

Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	22,0	-	-	-	-	22,0
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	400,0
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	33,2	-	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	178,2	371,8
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	-	24,7	-	33,2	37,5	42,5	-	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	333,1
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	-	24,7	-	-	-	42,5	-	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	246,4	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	124,3	-	275,7	-	-	-	124,3	275,7
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	24,0	-	29,5	33,2	-	-	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-

Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	-	-	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	144,0	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	400,0
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74,6	10,2
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	-	-	-	29,5	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	399,0	151,0	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	400,0	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84,8
M. de Infor./Educ.	-	22,6	23,3	-	-	-	33,2	-	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	381,3	168,7	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84,8
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	24,0	24,7	-	-	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	265,0	285,0	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	22,0	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74,6	10,2
M. de Infor./Educ.	-	-	-	24,0	-	-	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	342,3	207,7	-

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	3,8	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	24,7	29,5	-	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	0,5	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74,6	10,2
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	-	-	-	-	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	188,3	361,7	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9	81,9
M. de Infor./Educ.	-	-	23,3	24,0	24,7	-	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	81,0	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	51,3	12,4	10,9	10,2
M. de Infor./Educ.	-	-	23,3	24,0	24,7	29,5	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	34,2	-	-	46,8	-	34,2
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	49,9	6,5	7,4	10,9	10,2
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	24,7	29,5	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,6	15,4	2,0	2,8	17,0	3,3
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	52,3	28,7	-	-	-	52,3
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	400,0	-	-	-	-	-	400,0	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	36,0	1,1	-	12,8	6,5	7,4	10,9	10,2
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	24,7	29,5	33,2	37,5	42,5	49,7	56,6
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	550,0	-	-	-

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	10,3	21,0	32,0	43,4	119,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	32,0	43,4	119,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	37,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	10,2	87,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	32,0	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	25,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	78,3	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	-	58,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	19,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	-	2,4	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	92,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	78,3	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	163,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	119,5	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bagaço Cana (Cog.)	-	159,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	78,3	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	154,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	179,4	248,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	172,3	240,9	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	153,5	222,1	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	25,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	7,2	110,8	179,5	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Biogás (Cog.)	-	68,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	92,0	160,6	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	87,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	72,4	141,0	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	-	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	107,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	78,2	146,8	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	101,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	35,6	104,2	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	143,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	40,6	109,2	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	138,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	114,2	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	133,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	2,9	71,6	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	176,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	52,7	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	195,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	10,1	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	237,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	15,1	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	232,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	-	-	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	326,9	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	52,5	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	202,1	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	246,5	442,8	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	156,9	301,6	551,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	56,0	419,1	450,8
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	77,2	-	-

Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	23,7	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	83,2	199,0	477,9
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	-	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	73,7	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	121,9	237,8	516,7
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	24,0	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	35,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	48,7	164,5	443,4
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	108,2	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,6	341,5
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	210,1	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039

Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,3	329,2
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	-	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	222,5	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	280,8
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	20,8	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	232,2
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	-	69,5	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156,3
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	-	0,5	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,6
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2	-	-

Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	48,0	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	0,3	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	31,7	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	23,3	-	-	29,5	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	0,3	0,3	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	36,1	-	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	23,3	-	24,7	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	105,4	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	23,3	24,0	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	183,7	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	24,0	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	0,3	-	0,5	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8
UHE Mini	-	-	-	-	112,0	-	-	-	-	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	23,3	-	-	29,5	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	0,8	1,6	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	278,3	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	306,3	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	14,0	0,3	0,3	0,3	0,3	-	17,0	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	264,9	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	22,0	22,6	23,3	24,0	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	-	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	400,0	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	77,2	25,6	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recursos	2008	2009	2010	2011	2012	2018	2022	2026	2030	2035	2039
Coletor Solar	-	14,3	-	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-
Gás Natural (Cog.)	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagaço Cana (Cog.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Importada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UHE Mini	-	-	-	-	-	-	-	-	389,8	-	-
Subst. de Lâmpadas	40,0	1,2	1,2	41,3	2,5	9,9	60,4	68,3	12,4	90,4	-
Arq. Bioclimática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M. de Infor./Educ.	-	22,6	-	24,0	-	-	-	-	-	-	-
Biogás (Cog.)	-	250,0	-	-	-	-	-	-	250,0	-	-
Nuclear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o atendimento a carga para maximizar o PER

Foram simuladas 50 carteiras variando o atendimento a diferença da carga do cenário Tendencial de 7% a 7.000%. O resultado dos parâmetros destas carteiras são apresentados a seguir.

Tabela 40: Parâmetro da Simulação das carteiras formadas variando o atendimento a carga para maximizar o PER

Carteira	Custo Fixo	PER	IDH Final	Média Anual Emprego	Maior Ocupação [km²]	Risco relativo	Produção Energia	Retorno relativo	COeq relat.
1	3,66E+08	483.964	2%	612	0,51	7%	1,13E+06	-89%	213
2	3,78E+08	557.070	2%	602	0,51	7%	1,24E+06	-79%	213
3	4,32E+08	793.553	2%	602	0,51	6%	1,62E+06	-54%	212
4	4,86E+08	1.065.736	2%	602	0,51	8%	2,10E+06	-33%	212
5	5,40E+08	1.287.942	2%	602	0,51	8%	2,45E+06	-18%	211
6	5,94E+08	1.555.915	2%	602	0,51	9%	2,91E+06	-5%	211
7	6,49E+08	1.821.331	2%	602	0,51	9%	3,37E+06	5%	211
8	6,86E+08	2.075.268	2%	604	0,51	9%	3,83E+06	13%	211
9	7,26E+08	2.341.602	2%	613	0,51	9%	4,30E+06	14%	211
10	7,75E+08	2.633.315	2%	613	0,51	9%	4,83E+06	15%	211
11	8,24E+08	2.995.359	2%	601	0,50	9%	5,43E+06	15%	210
12	8,35E+08	3.249.452	2%	629	0,50	10%	5,89E+06	18%	211
13	8,74E+08	3.554.849	2%	629	0,50	8%	6,45E+06	16%	211
14	9,16E+08	3.842.199	2%	626	0,50	8%	6,97E+06	14%	211
15	9,65E+08	4.185.313	2%	598	0,49	8%	7,58E+06	13%	210
16	9,91E+08	4.479.188	2%	578	0,47	9%	8,11E+06	10%	210
17	1,02E+09	4.775.437	2%	557	0,46	9%	8,65E+06	9%	210
18	1,04E+09	5.081.182	2%	536	0,44	7%	9,21E+06	11%	210
19	1,07E+09	5.367.460	2%	516	0,42	7%	9,73E+06	9%	210
20	1,10E+09	5.668.932	2%	495	0,41	7%	1,03E+07	10%	210
21	1,12E+09	5.963.756	2%	474	0,39	8%	1,08E+07	8%	210
22	1,15E+09	6.265.228	2%	454	0,37	8%	1,14E+07	9%	210
23	1,18E+09	6.559.103	2%	433	0,36	7%	1,19E+07	9%	210
24	1,20E+09	6.856.776	2%	413	0,34	7%	1,24E+07	9%	210
25	1,19E+09	7.074.653	3%	402	0,33	7%	1,27E+07	8%	210
26	1,22E+09	7.372.801	3%	371	0,31	7%	1,33E+07	8%	210
27	1,25E+09	7.670.949	3%	340	0,29	7%	1,38E+07	8%	210
28	1,28E+09	7.969.097	3%	309	0,26	7%	1,44E+07	7%	210
29	1,31E+09	8.267.245	3%	278	0,24	6%	1,49E+07	7%	210
30	1,34E+09	8.565.393	3%	247	0,21	7%	1,54E+07	3%	210

31	1,35E+09	8.837.149	3%	211	0,18	6%	1,59E+07	5%	210
32	1,35E+09	9.074.893	10%	166	0,14	6%	1,63E+07	6%	210
33	1,34E+09	9.310.047	15%	129	0,10	7%	1,67E+07	5%	210
34	1,33E+09	9.529.955	17%	129	0,07	7%	1,70E+07	6%	210
35	1,30E+09	9.661.808	18%	207	0,05	7%	1,71E+07	9%	205
36	1,24E+09	9.471.617	77%	269	0,04	7%	1,67E+07	10%	204
37	1,18E+09	9.342.645	112%	410	0,04	6%	1,64E+07	14%	199
38	1,15E+09	9.604.639	79%	506	0,04	7%	1,67E+07	16%	190
39	1,05E+09	9.220.603	111%	623	0,04	8%	1,59E+07	17%	189
40	9,83E+08	8.717.226	78%	833	0,04	9%	1,49E+07	21%	188
41	8,84E+08	8.269.918	81%	910	0,04	10%	1,40E+07	21%	186
42	7,50E+08	7.651.738	77%	966	0,04	10%	1,28E+07	25%	184
43	6,29E+08	6.459.146	177%	1.049	0,05	11%	1,07E+07	34%	179
44	5,35E+08	5.658.049	177%	1.122	0,05	16%	9,17E+06	40%	174
45	4,39E+08	5.736.188	159%	1.152	0,05	15%	9,16E+06	33%	174
46	3,59E+08	5.928.928	174%	1.288	0,05	19%	9,34E+06	14%	174
47	4,53E+08	7.134.470	133%	1.676	0,08	18%	1,13E+07	-19%	181
48	4,36E+08	7.018.063	94%	1.613	0,11	16%	1,12E+07	-20%	180
49	3,25E+08	5.800.966	72%	1.384	0,13	22%	9,12E+06	20%	173
50	2,87E+08	5.307.417	27%	1.280	0,12	24%	8,31E+06	39%	170

Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER para maximizar o retorno

Foram simuladas 100 carteiras para atender 100% da diferença da carga do cenário Tendencial variando o PER de 6.775.713 a 11.112.419 e maximizando o PER. Os resultados dos parâmetros destas carteiras são apresentados a seguir, porém nem todas as carteiras formadas apresentaram resultados precisos e foram excluídas.

Tabela 41: Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER para maximizar o retorno

Carteira	Custo Fixo	Ranque	IDH Final	Média Anual Emprego	Maior Ocupação [km²]	Risco relativo	Retorno relativo	Produção Energia	Ceq relat.
31	3,79E+07	825859	0	247,65	0,00	17%	105%	1211014	36,71978
32	4,77E+07	1615621	0	389,28	0,00	30%	100%	2422028	104,7578
33	5,65E+07	2077297	0	497,14	0,01	27%	88%	3133760	123,8227
34	6,72E+07	2275482	0	561,98	0,03	35%	90%	3436827	127,4249
35	7,88E+07	2381609	0	610,50	0,04	28%	76%	3596949	127,2817
36	8,76E+07	2458689	0	644,44	0,06	31%	66%	3713467	127,3664
37	9,58E+07	2502544	0	670,15	0,08	30%	64%	3778882	126,7103
38	1,04E+08	2545554	0	697,95	0,09	26%	52%	3844297	127,0791
39	1,12E+08	2588564	0	725,76	0,11	22%	37%	3909712	127,4355
40	1,20E+08	2631574	0	771,39	0,12	21%	31%	3975127	127,7802
41	1,20E+08	2631574	0	771,39	0,12	22%	29%	3975127	127,7802
42	3,54E+08	5231617	1	1.577,02	0,14	11%	-64%	8221658	168,5041
43	5,95E+08	6489597	3	1.953,52	12,53	8%	-77%	10310160	176,8157
44	1,17E+09	9922196	3	1.970,08	12,57	7%	-62%	16396521	189,1336
45	1,82E+09	15093616	2	2.236,64	12,61	7%	-45%	25627899	196,7201
46	2,52E+09	20798896	3	2.247,61	12,65	7%	-35%	35826694	200,5619
47	3,45E+09	27289938	3	2.333,29	12,69	8%	-32%	47472524	202,9529
48	4,38E+09	33776429	3	2.423,27	12,73	8%	-29%	59118354	201,9076
49	5,39E+09	40224069	3	2.513,25	12,77	6%	-27%	70764184	203,1754
50	6,40E+09	46670739	4	2.603,23	12,80	7%	-25%	82410014	204,1576
51	6,40E+09	46670739	4	2.603,23	12,80	7%	-23%	82410014	204,1576

Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER maximizando o PER

Foram simuladas 100 carteiras para atender 100% carga variando o PER de 6.775.713 a 11.112.419 e maximizando o PER. Os resultados dos parâmetros destas carteiras são apresentados a seguir, porém nem todas as carteiras formadas apresentaram resultados precisos e foram excluídas.

Tabela 42: Parâmetro da simulação das carteiras formadas variando o PER maximizando o PER

Carteira	Custo Fixo	Ranque	IDH Final	Média Anual Emprego	Maior Ocupação [km²]	Risco relativo	Retorno relativo	Produção Energia	Ceq relat.
1	2,78E+07	548002	0	149,97	0,00	21%	165%	795485,4	5,067019
2	4,08E+07	837659	0	220,35	0,00	25%	201%	1221333	18,91535
3	6,37E+07	989825	0	223,90	0,00	23%	173%	1484417	48,18291
4	8,40E+07	1019963	0	209,06	0,00	21%	171%	1572403	74,24821
5	1,09E+08	1164520	0	213,25	0,00	21%	155%	1828960	93,29077
6	1,39E+08	1441708	0	222,07	0,00	18%	142%	2280439	102,1792
7	1,67E+08	1636897	0	232,09	0,00	20%	136%	2613779	113,8624
8	1,84E+08	1665412	0	245,92	0,00	19%	144%	2699428	127,0221
9	2,21E+08	1981476	0	241,58	0,01	19%	128%	3210382	128,3617
10	2,36E+08	1968390	0	242,15	0,01	19%	135%	3240405	144,1266
11	2,51E+08	2229653	0	265,17	0,01	17%	124%	3624128	133,2836
12	5,20E+08	3787295	0	277,30	0,01	18%	113%	6383525	167,6889
13	7,92E+08	4932524	0	258,49	0,03	17%	108%	8510130	178,3866
14	1,06E+09	6804664	1	387,70	0,04	17%	110%	11765274	186,3
15	1,32E+09	7634238	1	356,62	0,06	18%	108%	13424198	193,4641
16	2,19E+09	11993839	0	331,11	0,07	13%	78%	21328141	194,2832
19	3,54E+09	19148820	0	244,75	0,11	11%	65%	34311781	202,639
20	3,91E+09	20939421	0	292,14	0,12	12%	62%	37459389	202,8175
21	3,49E+09	19557858	1	360,24	0,12	12%	71%	35242049	202,147
23	7,39E+09	39377388	4	1.102,68	12,59	14%	58%	70232975	201,0944
25	7,82E+09	43129653	2	1.713,39	12,69	15%	55%	81065136	203,4609

26	8,37E+09	51815358	4	1.562,00	12,66	14%	52%	86756729	202,6435
27	8,36E+09	48537261	4	1.289,35	0,26	12%	53%	83075548	207,0164
29	8,37E+09	47072060	4	1.437,40	12,60	13%	52%	83696292	202,6138