

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

ANDRÉA DE SOUZA

**PROPOSTA DE UMA MATRIZ DE DECISÃO EM ENERGIA
HIDRELÉTRICA COM O USO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO, PARA
FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO ESTADO DO PARANÁ**

TESE

CURITIBA
2016

ANDRÉA DE SOUZA

**PROPOSTA DE UMA MATRIZ DE DECISÃO EM ENERGIA
HIDRELÉTRICA COM O USO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO, PARA
FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO ESTADO DO PARANÁ**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Tecnologia – Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade. Linha de Pesquisa: Tecnologia e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Christian Luiz da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alain Hernández Santoyo

CURITIBA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S729p
2016 Souza, Andréa de
Proposta de uma matriz de decisão em energia hidrelétrica com o uso do método multicritério, para formulação de políticas públicas no estado do Paraná.-- 2016.
240 f. : il. ; 30 cm.

Texto em português, com resumo em inglês
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Curitiba, 2016
Bibliografia: f. 193-223

1. Energia hidrelétrica. 2. Energia – Fontes alternativas – Paraná. 3. Recursos energéticos – Paraná. 4. Desenvolvimento sustentável – Paraná. 5. Política pública. 6. Tecnologia – Teses. I. Silva, Christian Luiz da, orient. II. Santoyo, Alain Hernández, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 600

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese Nº 36

Proposta de uma Matriz de Decisão em Energia Hidroelétrica com o Uso do Método Multicritério para Formulação de Políticas Públicas no Estado do Paraná

por

Andréa de Souza

Esta tese foi apresentada às __ 08:00h _____ do dia **26 de fevereiro de 2016** como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Tecnologia, Área de Concentração – Tecnologia e Sociedade, Linha de Pesquisa – Tecnologia e Desenvolvimento, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO _____ (aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado).

Profª. Drª. Faimara do Rocio Strauhs
(UTFPR)

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento
(UTFPR)

Prof. Dr. Gilson Batista de Oliveira
(UNILA)

Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Junior
(Unioeste)

Prof. Dr. Christian Luiz da Silva
(UTFPR)
Orientador

Visto da coordenação:

Profª. Drª. Nanci Stancki da Luz
Coordenadora do PPGTE

O documento original encontra-se arquivado na Secretaria do PPGTE.



A minha família, aos amigos brasileiros e cubanos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Alain Hernandez Santoyo, pela oportunidade de trabalhar conjuntamente pelos resultados dessa pesquisa.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa sanduíche no Projeto Mês-Cuba/CAPES 189-13.

A todos os colaboradores diretos: Lucas Eduardo Mathias, Adriana Suhr, Felipe Pinheiro, Maurini Souza, Adriana Ripka de Almeida, Eduardo Junior, Mariana Cristina Mariano.

Aos especialistas, pelo tempo disponibilizado e pelo comprometimento com esse estudo.

Aos professores Dr. Ivan Carlos Vicentin, Dr.^a Ana Paula Myszczyk, Dr.^a Maria Lucia Figueiredo, Dr. Moisés Farah, Dr. Rene Eugenio Seifert Junior, Dr. Anderson Catapan e colegas do Departamento de Gestão e Economia.

Ao Dr. Renato Rocco, pelo apoio e incentivo.

Ao Gustavo Galleazzo, Dr.^a Viviane Lobo (Campus Toledo) e Cassiano Ribeiro Costa.

Às grandes amigas cubanas Mayra, Maryle, Dayana e Dora, pelo carinho com que me receberam em seu país.

Aos colegas da Universidade de Pinar Del Rio (Cuba), pela receptividade durante minha estada no doutorado sanduíche.

Ao David Veiga, pela amizade.

RESUMO

SOUZA, Andréa de. **Proposta de uma matriz de decisão em energia hidrelétrica com o uso do método multicritério, para formulação de políticas públicas no Estado do Paraná.** 2016. 240f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

O Brasil é reconhecido internacionalmente por seu potencial de fontes renováveis, destacando-se os empreendimentos hidrelétricos que correspondem a 65% da produção de eletricidade que abastece a rede do Sistema Interligado Nacional. A questão de pesquisa que orientou esta tese foi: quais são os pesos e a importância relativa das variáveis que influenciam na tomada de decisão da expansão em empreendimentos de geração hidrelétrica no Paraná? O objetivo é propor uma matriz multicritério associada à opção de fontes hídricas que considere o peso e a importância relativa das variáveis que influenciam na decisão por empreendimentos de geração de eletricidade no Estado do Paraná. Do ponto de vista da abordagem do problema, esta pesquisa pode ser classificada como de métodos mistos, empregando-se a Análise de Conteúdo, a Técnica Delphi e a Análise Hierárquica de Processos (AHP). Para o levantamento dos dados, foi abordado um grupo de 21 profissionais, número válido de acordo com a metodologia Delphi, ligados à área de hidreletricidade paranaense. O principal resultado foi a construção de uma árvore de decisão na qual se identificou a importância e o peso relativo dos elementos associados às quatro dimensões da energia. Na dimensão ambiental, o maior peso relativo foi atribuído à capacidade de carga do sistema paranaense; na dimensão econômica, a amortização do investimento; na dimensão social, a geração de postos de trabalhos diretos e na dimensão institucional, a disponibilidade de adequadas fontes de financiamento. Os formuladores de políticas públicas e os gestores empresariais tomam decisões com base em critérios relacionados ao segmento de atuação da organização, informações do mercado, comportamento do cenário econômico e político, entre outros indicadores que lhes orientam no enfrentamento dos *tradeoffs* típicos de projetos em hidroenergia. Os resultados apurados na árvore de decisão demonstram que o viés econômico ainda é o principal critério balizador na tomada de decisão de investimentos, contudo, os impactos ambientais sobre a capacidade da carga do Estado, a geração de renda, oportunizando postos de trabalho diretos e indiretos e no âmbito institucional, a ausência de fontes de financiamento demonstram que a percepção dos especialistas está voltada para outros temas além da lógica do crescimento puro. A ordem de priorização das variáveis desse estudo, indica que no atual ambiente de incertezas da economia brasileira o máximo de variáveis devem ser analisadas e confrontadas a fim de se otimizar os já escassos recursos disponíveis para expandir o desenvolvimento local no que diz respeito a matriz hídrica paranaense.

Palavras-chave: Energia hidráulica. Economia da energia. Processo decisório. Políticas Públicas.

ABSTRACT

SOUZA, Andréa de. 2016. **Proposal for a decision matrix in hydropower using the multi-criteria method for the formulation of public policy in the State of Paraná.** 240f. Thesis (Doctorate). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Brazil is internationally acknowledged for its renewable sources, most notably, hydroelectric power plant projects which correspond to 65% of electricity production supply to the National Interconnected System. The main question behind this research is: what are the weights and the relative importance of the variables which have influence on the decision making process for the expansion of hydroelectric generation projects in Parana? The main objective is to propose a multi-criteria decision procedure, in association with water sources options that take into consideration the weight and relative importance of the alternatives having influence on the decision by enterprises in the generation of electricity in the state of Paraná. As far as the approach to the problem is concerned, this research can be classified as having mixed methodologies, applying Content Analysis, Delphi technique and the Analytic Hierarchy Process. Following Delphi methodology, a group of 21 was selected for data collection, all of those linked to Paranaense hydroelectricity market. And the main result was the construction of a decision tree in which it was possible to identify the importance and relative weight of the elements associated with the four dimensions of energy. In environmental dimension, the highest relative weight was placed on the loading capacity of Parana system; the economic dimension, the amortization of investment; in social dimension, the generation of direct work places and in institutional dimension, the availability of suitable sources of financing. Policy makers and business managers make their decisions based on specific criteria related to the organization segment, market information, economic and political behavior among other indicators that guide them in dealing with the typical tradeoffs of projects in hydropower area. The results obtained in the decision tree show that the economic bias is still the main factor in making investment decisions. However, environmental impacts on the State loading capacity, income generation, providing opportunities for direct as well as indirect jobs. And at an institutional level, the absence of funding sources show that the perception of experts is focused on other issues beyond the logic behind development per se. The order of priority of variables in this study indicates that in the current environment of uncertainty in the Brazilian economy as many variables must be analyzed and compared in order to optimize the scarce resources available to expand local development in relation to Paranaense water matrix.

Keywords: Hydro. Energy Economics. Decision-making process. Public policies.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A NOÇÃO DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA	49
FIGURA 2 - MODELO TEÓRICO	65
FIGURA 3 - HIDROENERGIA PARANAENSE: PROCESSO DE SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS, SUBCRITÉRIOS E VARIÁVEIS DA MATRIZ MULTICRITÉRIO	119
FIGURA 4 - DECOMPOSIÇÃO DO PROBLEMA DA MATRIZ MULTICRITÉRIO	120
FIGURA 5 - AXIOMAS DA ANÁLISE DO PROCESSO HIERÁRQUICO	130
FIGURA 6 - PONTOS DE CORTE PARA CLASSIFICAÇÃO DAS AVALIAÇÕES DE (R1)	155
FIGURA 7 - PONTOS DE CORTE PARA CLASSIFICAÇÃO DAS AVALIAÇÕES DA (R2)	158
FIGURA 8 - MATRIZ MULTICRITÉRIO DA DIMENSÃO AMBIENTAL	164
FIGURA 9 - MATRIZ MULTICRITÉRIO DA DIMENSÃO ECONÔMICA	168
FIGURA 10 - MATRIZ MULTICRITÉRIO DA DIMENSÃO SOCIAL	173
FIGURA 11- MATRIZ MULTICRITÉRIO DA DIMENSÃO INSTITUCIONAL	179
FIGURA 12 - ÁRVORE DE DECISÃO	187

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS CORRENTES DA ELETRICIDADE NO BRASIL (MWH).....	82
GRÁFICO 2 - FREQUÊNCIAS RELATIVAS DAS AVALIAÇÕES DOS ESPECIALISTAS (R1)	153
GRÁFICO 3 - FREQUÊNCIAS RELATIVAS DAS AVALIAÇÕES DOS ESPECIALISTAS (R2)	156
GRÁFICO 4 - DIMENSÃO AMBIENTAL	181
GRÁFICO 5 - DIMENSÃO ECONÔMICA	181
GRÁFICO 6 - DIMENSÃO SOCIAL	182
GRÁFICO 7 - DIMENSÃO INSTITUCIONAL	184

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	TESES QUE SE APROXIMAM DO TEMA DE PESQUISA DESSE ESTUDO (2000-2014)	24
QUADRO 2 -	EVOLUÇÃO DO MODELO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO (1995-2004)	73
QUADRO 3 -	ESTRUTURA INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	74
QUADRO 4 -	DISTRIBUIÇÃO POR UNIDADE HIDROGRÁFICA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, USINAS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS HIDRELÉTRICAS DO ESTADO DO PARANÁ	105
QUADRO 5 -	AS MULTIDIMENSÕES DA ENERGIA E OS PRINCIPAIS TEMAS ABORDADOS NOS TRABALHOS DE TESE	114
QUADRO 6 -	AS MULTIDIMENSÕES DA ENERGIA E OS TEMAS ABORDADOS EM ARTIGOS CIENTÍFICOS DO CANADÁ, NORUEGA, FEDERAÇÃO RUSSA, CHINA, ÍNDIA E ESTADOS UNIDOS	117
QUADRO 7 -	AS MULTIDIMENSÕES DA ENERGIA E OS TEMAS ABORDADOS EM ARTIGOS CIENTÍFICOS DO BRASIL	118
QUADRO 8 -	ESTRUTURA DA ANÁLISE DE CONTEÚDO	120
QUADRO 9 -	ELEMENTOS DA MATRIZ MULTICRITÉRIO	121
QUADRO 10 -	ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARAÇÕES PAREADAS	129
QUADRO 11 -	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA (IA)	133
QUADRO 12 -	SÍNTESE DO PROCESSO DE MAPEAMENTO DOS POTENCIAIS ESPECIALISTAS	138
QUADRO 13 -	MATRIZ COMPARATIVA (SUPONDO QUE CRITÉRIO 1 DOMINA O CRITÉRIO 2)	140
QUADRO 14 -	MODELO DE CONSTRUÇÃO DE MATRIZ MULTICRITÉRIO ...	141
QUADRO 15 -	MODELO DE MATRIZ MULTICRITÉRIO PREENCHIDA PELO ESPECIALISTA	141

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	INDICADORES DE USO DE ENERGIA	78
TABELA 2 -	PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	80
TABELA 3 -	CAPACIDADE INSTALADA PREVISTA NO PDE 2023.....	80
TABELA 4 -	ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS EM GERAÇÃO DE ENERGIA.....	93
TABELA 5 -	DISTRIBUIÇÃO POR UNIDADE HIDROGRÁFICA/BACIA HIDROGRÁFICA NO PR	106
TABELA 6 -	UNIDADES DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS POR <i>STATUS</i> OPERACIONAL	107
TABELA 7 -	UNIDADES DE USINAS HIDRELÉTRICAS POR <i>STATUS</i> OPERACIONAL	109
TABELA 8 -	UNIDADES DE CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA POR <i>STATUS</i> OPERACIONAL	110
TABELA 9 -	PRODUÇÃO CIENTÍFICA RELACIONADA AO TEMA <i>HYDROPOWER</i> ENTRE OS 10 MAIORES PAÍSES PRODUTORES EM HIDROENERGIA.....	116
TABELA 10 -	PONTUAÇÃO DO <i>EXPERT</i>	124
TABELA 11 -	EXEMPLO DE TABULAÇÃO DE DADOS DO FORMULÁRIO 1: AUTOAVALIAÇÃO	125
TABELA 12 -	MODELO DE CÁLCULO DO VETOR INDIVIDUAL DE CRITÉRIO JULGADO	142
TABELA 13 -	PLANILHA MODELO DE CÁLCULO DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DO JULGAMENTO DO ESPECIALISTA.....	142
TABELA 14 -	PLANILHA MODELO DE CÁLCULO DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA AJUSTADA AO JULGAMENTO DO ESPECIALISTA.....	143
TABELA 15 -	FATOR DE AGREGAÇÃO DO NÍVEL 2 DA DIMENSÃO AMBIENTAL.....	144

TABELA 16 - PERFIL DOS ESPECIALISTAS SELECIONADOS POR CATEGORIA CIENTÍFICA E VÍNCULO ORGANIZACIONAL	150
TABELA 17 - PERFIL DOS ESPECIALISTAS OU <i>EXPERTS</i>	152
TABELA 18 - RECORTE DA TABELA DAS FREQUÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS PELA INVERSA DA CURVA NORMAL (R1).....	154
TABELA 19- RECORTE DA TABELA DAS FREQUÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS PELA INVERSA DA CURVA NORMAL (R2).....	157

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	17
1.2 PROBLEMA E PRESSUPOSTOS	19
1.3 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	21
1.3.1 Objetivo Geral	21
1.3.2 Objetivos Específicos	22
1.4 RELEVÂNCIA E INEDITISMO	22
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	26
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2 TECNOLOGIAS, ECONOMIA E AS DIMENSÕES DA ENERGIA EM UMA ABORDAGEM TEÓRICA	28
2.1 O PENSAMENTO DETERMINISTA, O RACIONALISMO E A TECNOLOGIA	28
2.2 ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE EM UMA PERSPECTIVA ATEMPORAL	37
2.3 ENERGIA, ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	46
2.4 AS DIMENSÕES DA ENERGIA: PERSPECTIVA AMBIENTAL, ECONÔMICA, SOCIAL E INSTITUCIONAL	51
2.4.1 Trabalhos de Tese Relacionados a essa Pesquisa (2000-2014)	52
3 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E O PARANAENSE	66
3.1 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO EM UM CONTEXTO HISTÓRICO: ESTRUTURA E ATUALIDADES	66
3.1.1 Contexto Histórico	66
3.1.2 O Novo Modelo de Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro	71
3.1.3 O Cenário Elétrico Brasileiro	77
3.1.4 A Expansão da Hidroeletricidade e a Matriz Elétrica Brasileira	78
3.1.5 Impactos da Expansão do Setor Elétrico Brasileiro a partir da Hidroenergia	83
3.1.6 Políticas Públicas e o Planejamento Energético no Brasil	88
3.2 DESENVOLVIMENTO REGIONAL PARANAENSE	95

3.2.1	A Economia Paranaense	95
3.2.2	Marcos Históricos do Setor Elétrico Paranaense.....	97
3.2.3	Mapa Geral da Hidroeletricidade no Paraná.....	102
3.2.3.1	Gestão das unidades hidrográficas do Estado do Paraná.....	103
3.2.3.2	Distribuição das fontes geradoras hidroenergéticas.....	105
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	111
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	111
4.2	ANÁLISE DE CONTEÚDO	112
4.2.1	A análise de conteúdo na abordagem metodológica	112
4.2.2	Seleção das Variáveis da Matriz Multicritério	120
4.3	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO OBJETO DE ESTUDO	122
4.4	O MÉTODO DELPHI OU CRITÉRIO DE ESPECIALISTAS	125
4.5	O PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP).....	128
4.6	MODELAGEM MULTICRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO.....	134
4.7	FLUXO DA APLICAÇÃO METODOLÓGICA	136
4.7.1	Delphi Fase 1: Mapeamento dos Especialistas	137
4.7.2	Delphi Fase 2: Aplicação do Instrumento de Coleta de Dados.....	138
4.7.3	Ferramentas Utilizadas na Organização dos Dados e Tratamento Estatístico Previsto no Método Delphi	139
4.7.4	Análise Hierárquica de Processos (AHP): Preenchimento e Consistência da Matriz Multicritério	140
4.7.4.1	Preenchimento da matriz hierárquica de processos.....	140
4.7.4.2	Passo a passo para a aplicação da Análise Hierárquica de Processos (AHP) segundo Santoyo (2012).....	141
5	ANÁLISES E RESULTADOS	146
5.1	REFLEXÕES SOBRE TECNOLOGIA, ECONOMIA E A ENERGIA	146
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS ESPECIALISTAS CONSULTADOS	150
5.3	VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO NÍVEL 3 COM O USO DO MÉTODO DELPHI: PRIMEIRA RODADA (R1) E SEGUNDA RODADA (R2)	153
5.4	A ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS (AHP)	158
5.4.1	Dimensão Ambiental.....	159
5.4.1.1	Nível 1 - critérios da dimensão ambiental.....	159
5.4.1.2	Nível 2 - Subcritérios da dimensão ambiental	160

5.4.1.3	Nível 3 - Variáveis da dimensão ambiental.....	161
5.4.2	Dimensão Econômica.....	165
5.4.2.1	Nível 1 - Critérios da dimensão econômica.....	165
5.4.2.2	Nível 2 - Subcritérios da dimensão econômica.....	165
5.4.2.3	Nível 3 - Alternativo da dimensão econômica.....	166
5.4.3	Dimensão Social.....	169
5.4.3.1	Nível 1 - Critérios da dimensão social.....	169
5.4.3.2	Nível 2 - Subcritérios da dimensão social.....	170
5.4.3.3	Nível 3 - Variáveis da dimensão social.....	171
5.4.4	Dimensão Institucional.....	174
5.4.4.1	Nível 1 - Critérios da dimensão institucional.....	174
5.4.4.2	Nível 2 - Subcritérios da dimensão institucional.....	175
5.4.4.3	Nível 3 - Variáveis da dimensão institucional.....	176
5.5	VISÃO GERAL DOS RESULTADOS DA MATRIZ MULTICRITÉRIO NO NÍVEL 3.....	180
5.6	APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO EM ESTUDOS NA ÁREA DE ENERGIA.....	184
6	CONCLUSÃO	188
	REFERÊNCIAS	193
	APÊNDICES	224
	ANEXOS	236

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é internacionalmente reconhecido pela sua matriz energética majoritariamente renovável, sendo que 65% da eletricidade gerada advém de hidrelétricas (BRASIL, 2015a). No caso paranaense, o Estado tinha em 2014 capacidade total instalada da ordem de 17.219 MW, o que correspondia a 12,9% do total da capacidade instalada nacional (BRASIL, 2015a). No total, o Paraná é responsável por 16,47% da energia elétrica gerada no país (BRASIL, 2015a).

A energia elétrica, além de representar um fator de produção indispensável, corresponde a parcela significativa do custo de produção, que é repassado ao consumidor – dessa maneira, acelera a inflação (DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2015). Diante disso, a eletricidade configura-se não apenas como garantia de crescimento econômico: exige atento acompanhamento da política macroeconômica.

O governo brasileiro tem projetado investimentos para ampliar o sistema elétrico (Sistema Interligado Nacional), contudo há sinais de falta de fontes de financiamento adequadas, além de outros entraves, como o rigor do licenciamento ambiental para obras em hidrelétricas e a problemática dos efeitos sobre as populações atingidas por esses empreendimentos (BRASIL, 2015a).

O Brasil passa por um momento crítico de baixa produtividade, crescimento negativo do produto interno, enquanto que o Paraná manteve o dinamismo de sua economia. A expansão do parque gerador mostra-se como uma atividade atrativa, em especial os projetos de geração de eletricidade de pequeno porte (AGÊNCIA PARANÁ DESENVOLVIMENTO, 2015). O modelo multicritério ora proposto nessa tese poderá contribuir para melhor orientar os tomadores de decisão na alocação de recursos de investimentos nesses empreendimentos e/ou projetos. Tal atividade é geradora de empregos, altera a dinâmica social e econômica do local de implantação dos projetos, embora invariavelmente ocasionará impacto ambiental.

O processo decisório hoje envolve requisitos e análises mais elaboradas. No caso do setor elétrico brasileiro – que opera num contexto de insegurança institucional e com um excessivo número de medidas regulatórias – o clima de incerteza tende a aumentar (PINTO, 2014). A pressão de grupos ambientalistas, organizações e

movimentos sociais também tem se mostrado um fator de risco para empreendedores, o que reforça a importância e a relevância dessa pesquisa. Esse estudo se propõe a lançar um olhar multidisciplinar e sistêmico sobre as dimensões da energia. Para isso, recorre à opinião de especialistas do setor elétrico paranaense, os quais contribuíram na estruturação de uma árvore de decisões em empreendimentos de geração de eletricidade.

Esse exercício, que envolveu profissionais da iniciativa pública, da iniciativa privada, de distintos órgãos de regulação e licenciamento, federais, estaduais, municipais e ainda universidades, resultou numa matriz de decisão que, adaptada a outros contextos, pode servir de referencial para a análise de novos projetos e formulação de políticas públicas do setor elétrico estadual.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento econômico, com qualidade de vida extensiva a toda sociedade, compõe-se de processos que mantêm estreita relação com a disponibilidade e o abastecimento confiável de energia. A modernização do Ocidente foi marcada pela difusão de inovações de produtos e processos centrados no automóvel, na aviação, na indústria química e na produção em massa de bens mecânicos, conhecido como paradigma técnico-econômico fordista (RAMPAZZO, 2002).

Nesse sentido, o embargo do petróleo em 1973, sucedido pela Revolução Iraniana de 1979 e a Guerra do Golfo Pérsico em 1991, são eventos marcantes na história de todas as economias desenvolvidas, cuja matriz energética estava baseada no petróleo (HINRICHS; KLEINBACH, 2003). O ano de 1973 é o referencial entre o período da energia barata e a energia cara, quando ocorreu o choque de oferta internacional de petróleo, o que resultou em alteração de poder entre os países exportadores dessa *commodity* (FURTADO, 1985). Diante disso, a saída encontrada pelas nações industrializadas para minimizar a vulnerabilidade e o desequilíbrio econômico-financeiro foi o anúncio de "[...] grandes projetos de investimentos na produção e viabilização de fontes alternativas ao petróleo importado" (CALABI et al. 1983, p. 224).

Na atualidade, o tema "energia" está atrelado às discussões em torno de uma política econômica e ambiental, de legislação e regulação, bem como a efeitos indesejados pelo uso indevido e pela pressão sobre os recursos naturais do planeta (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). Essas questões têm alta prioridade na agenda dos *polycemakers* das principais lideranças mundiais e são discutidas em fóruns internacionais à luz dos problemas ambientais globais, visto afetarem diretamente o desempenho das economias.

O Brasil é reconhecido internacionalmente por seu potencial de fontes de energias renováveis e os empreendimentos hidrelétricos para produção de eletricidade destacam-se (FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL, 2015). A história do planejamento energético brasileiro acompanhou as mudanças políticas e econômicas das décadas de 1970 e 1980, e a transição para a matriz energética com base na hidroeletricidade foi inevitável. Em meados da década de 1990, aproximadamente 15% da dívida externa brasileira representava os investimentos aportados na construção de hidrelétricas, que economicamente apresentavam a melhor relação custo x benefício naquele período (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). O setor elétrico brasileiro enfrentou uma grave crise de *déficit* hídrico entre 2012-2014, o que levou os agentes econômicos a questionar a manutenção do modelo de expansão da capacidade de geração embasado em fontes dependentes de condições hidrológicas, tal como ocorreu no ano de 2001, o que ficou conhecido como "apagão" (SAUER, 2013).

Contudo, além da irregularidade das chuvas, insuficientes para encher os reservatórios das grandes hidrelétricas, outros desafios podem ter agravado a crise do setor elétrico brasileiro entre 2012-2014. A percepção de risco dos investidores em relação ao atual modelo do setor elétrico brasileiro, a falta de fontes adequadas de financiamento, a construção de um marco regulatório estável e os excessos cometidos por muitos órgãos ambientais são variáveis que podem comprometer a manutenção da tendência de uso dessa fonte no longo prazo (PIRES; FERNANDEZ, BUENO, 2006; MONTEIRO, 2015).

O Balanço Energético Nacional em 2015 indicou que a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira manteve-se entre as mais elevadas globalmente: 42,4%, enquanto que no restante do planeta, esse percentual não ultrapassou 13,2% (BRASIL, 2015a). O Paraná tinha em 2014 capacidade instalada

de 17.219 MW, o equivalente a 12,9% da capacidade instalada nacional, e 28% da capacidade instalada da região Sul (BRASIL, 2015a).

Nas principais projeções de expansão da geração do setor elétrico nacional, prevê-se a hidroeletricidade como a energia de maior participação na matriz elétrica, sendo que Paraná segue essa tendência. O consumo *per capita* brasileiro de eletricidade cresceu 2,5% em 2014, enquanto que no Paraná esse percentual foi de aproximadamente 4%, acompanhando o ritmo de crescimento do Produto Interno Bruto do Estado em 2014. No período entre 2010 e 2014, a variação do consumo *per capita* paranaense foi de 13,8% (BRASIL, 2015b).

A abordagem adotada nesse estudo utilizou-se de uma leitura integrada das quatro dimensões da energia, a saber: ambiental, econômica, social e institucional. Isso permite, de acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2012), Silva (2008) e Pinto et al. (2007), relacionar o conteúdo energético a perdas e ganhos associados às opções em projetos a partir de hidrelétricas. O processo decisório que considera apenas critérios econômicos não suporta os novos parâmetros de uma sociedade com valores pautados na sustentabilidade. Portanto, as políticas públicas do século XXI obrigatoriamente devem considerar as variáveis qualitativas que envolvem os problemas relacionados ao planejamento energético.

1.2 PROBLEMA E PRESSUPOSTOS

Uma economia pautada em princípios de sustentabilidade pressupõe a capacidade de seus governantes de alocar fatores de produção de forma otimizada, respeitando-se os limites físicos impostos à natureza. Segundo Goldemberg (2010), a produção, o consumo de energia e a forma como ela é utilizada são a principal fonte de pressões sobre o meio ambiente.

No momento atual, equacionar melhores formas de gestão da produção e o consumo tem sido um desafio imposto a todos os países. Não se trata mais de um problema local, pois o padrão energético de um país influencia no comportamento do padrão energético de outro. Diante disso, a busca por alternativas sustentáveis e

a maior participação no uso de fontes renováveis têm crescido exponencialmente desde o final da década de 1980 (CUREAU, 2013).

Não se trata apenas de independência quanto às fontes de energia, mas sobretudo de coexistência e sobrevivência. Não é possível manter-se os atuais padrões de consumo e o uso de combustíveis fósseis, razão pela qual verificam-se consideráveis somas em tecnologias que possam gerar energia a partir de fontes alternativas (COHEN, 2003). "O estreito relacionamento entre estilos energéticos e estilos de desenvolvimento mostra que não há necessariamente apenas um caminho a trilhar para atingir um patamar ideal de bem-estar para a sociedade" (p. 265).

No bojo das questões de ordem global e nacional, entende-se que o desenho de políticas públicas com características regionais é relevante por destacar aspectos particulares, como a organização social local, o conjunto de elementos políticos, institucionais e a própria dinâmica com o meio ambiente (BOISER, 1989). O caráter sistêmico do desenvolvimento deve ser confrontado com maior profundidade, não apenas com ênfase nos ganhos econômicos de curto prazo, mas, sobretudo, nos aspectos estruturais da região, pois desenvolvimento "supõe uma análise mais qualitativa do problema energético" (COHEN, 2003, p. 245-246).

O crescimento econômico deve afetar positivamente o bem-estar das pessoas enquanto que o desenvolvimento requer "avanços institucionais, acompanhados de esforço de poupança e de investimento" (FEIJÓ, 2007, p. 220). Em paralelo, como não pode deixar de ocorrer, "[já] o crescimento passa por essas duas medidas, acompanhadas da acumulação de capital humano, conhecimento, saúde e de ações para o avanço da ciência e da tecnologia do país" (p. 220).

Diante disso e a partir do exposto, revela-se a importância na relação entre energia e políticas públicas para o desenvolvimento sustentável regional. A questão de pesquisa que orienta esta tese foi: quais são os pesos e a importância relativa das variáveis que influenciam na tomada de decisão da expansão em empreendimentos de geração hidrelétrica no Paraná?

Em estudos sobre o tema hidroenergia, foram observados os seguintes pressupostos:

- a) As decisões ótimas requerem instrumentos de apoio à tomada de decisão.
- b) Conhecer os pesos relativos e a sua importância em projetos de geração de eletricidade de fonte hídrica poderá orientar os gestores e formuladores

de políticas públicas a minimizar os impactos relacionados às incertezas do mercado de energia do Estado do Paraná.

- c) No contexto da discussão sobre desenvolvimento regional, deve-se considerar a importância estratégica do setor energético que demanda políticas que melhor aproveitem os ativos naturais do Estado em toda a sua potencialidade, sendo o foco desta pesquisa as hidrelétricas.
- d) Conhecer a opinião de um painel de especialistas que atuam no setor elétrico paranaense pode mitigar as chances de erros decisórios pelo tratamento estatístico das variáveis estudadas conjuntamente.
- e) As mudanças climáticas têm influenciado sobremaneira os ciclos hidrológicos em diversas regiões do Brasil. Desde o ano de 2012, coloca-se em xeque a consistência dos modelos das hidrelétricas, dada a dependência dos ciclos naturais de chuva. Tal situação tem levantado dúvidas quanto à segurança energética dessa fonte.

1.3 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Os objetivos de uma pesquisa constituem a finalidade em si do trabalho científico. São eles que indicarão o que realmente o pesquisador pretende comprovar. Além do mais, os objetivos, quando claramente definidos, funcionam como um guia no momento da avaliação e leitura do trabalho. Então, a partir de agora, passa-se a ver tanto a questão do objetivo geral quanto a dos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma matriz multicriterial associada à opção de fontes hídricas que considere o peso e a importância relativa das variáveis que influenciam na decisão por empreendimentos de geração de eletricidade no Estado do Paraná.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Definir o marco metodológico para as alternativas de energia de fonte hídrica do Estado do Paraná sob os aspectos econômicos, ambientais, sociais e institucionais, mediante o uso das técnicas Delphi e de Análise Hierárquica de Processo (AHP).
- b) Identificar a importância relativa dos componentes econômicos, ambientais, sociais e institucionais considerando a matriz elétrica de fonte hídrica do Estado do Paraná.
- c) Determinar dentro de cada dimensão da energia qual a variável de maior peso relativo na tomada de decisão em empreendimentos que considerem a fonte hídrica nos limites do Paraná.

1.4 RELEVÂNCIA E INEDITISMO

O planejamento energético ainda não tem alcançado resultados desejáveis na promoção da sustentabilidade por meio da redução e da utilização de insumos nos processos de transformação. O padrão dominante ainda é energo-intensivo e requer mudanças nos padrões de consumo em todos os níveis da cadeia produtiva.

A importância de se estudar as especificidades da energia, que no caso paranaense é predominantemente de fonte hídrica, acompanha a tendência de ampliação da participação de fontes limpas na matriz energética do país (BRASIL, 2014). Contudo, note-se que os projetos para construção de novas usinas têm sido preteridos em favor de projetos cujo custo energético é mais barato e menos dependentes de morosos processos de licenciamento ambiental. Se forem confirmadas as projeções de o consumo de energia quadruplicar até 2050, chegando a 1.442 TW, o investimento em hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas talvez seja uma questão de segurança energética (BRASIL, 2014).

As incertezas relacionadas ao setor elétrico requerem constantes revisões do planejamento energético, cujo objetivo é acompanhar as tendências em âmbito

internacional, nacional e regional. As usinas hidrelétricas ainda são responsáveis por aproximadamente 18% da produção de energia elétrica no mundo, segundo Goldemberg (2010), contudo é de se esperar que mudanças políticas, institucionais, econômicas e sociais que estão em curso modifiquem o padrão de oferta e consumo de eletricidade. O mundo está mudando e esses padrões terão de ser adaptados aos novos paradigmas socioambientais.

Essa proposta de pesquisa está em consonância com as discussões recomendadas pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), tanto no alinhamento com a sua área de concentração bem como com a linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento. A ideia desse trabalho é investigar um problema que envolve tecnologias sustentáveis, economia da energia e desenvolvimento regional, cujo resultado pretende apoiar futuras políticas públicas do setor energético paranaense, que influirão diretamente no potencial de crescimento do Estado.

Com respeito à interdisciplinaridade, a pesquisa utilizou-se de referencial abrangente, envolvendo as áreas de economia, de economia da energia, de tecnologia, de sociologia e de história. Note-se que, para cumprir os objetivos propostos, fez-se necessário o aprofundamento de estudos em diferentes áreas do conhecimento, que estão diretamente interligadas na geração dos resultados propostos. Corroborando Bermann (2008a), a abordagem integrada e interdisciplinar da energia em suas múltiplas dimensões poderá abrir a possibilidade de criação de mecanismos de redução das desigualdades e mitigar os interesses imediatos.

A proposição dessa pesquisa encontra no PPGTE e na linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento o ambiente propício para desenvolver as discussões sobre um tema atual e controverso. Em se tratando do setor elétrico, toda política pública afetará diretamente os rumos do desenvolvimento regional, pois haverá impactos nas dimensões ambientais, econômicas, sociais culturais, política e institucional, como já mencionado, em outras palavras.

Cabe salientar a convergência de interesses pessoal e profissional da pesquisadora pelo tema, que, na posição de docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, valer-se-á desse conhecimento para apoiar futuros trabalhos junto aos docentes da instituição, que é reconhecida pela tradição na formação de profissionais para as empresas da iniciativa pública, da iniciativa privada e ainda na formação de pesquisadores. A pesquisadora atua junto ao Departamento Acadêmico de

Gestão e Economia, que oferece um Mestrado na área de Planejamento e Governança Pública, no qual se pretende contribuir com os grupos de pesquisa e atividades docentes desse programa.

Não foi encontrado nenhum estudo dessa natureza aplicado às características do setor elétrico paranaense cuja abordagem compreendesse a análise conjunta das quatro dimensões da energia e os efeitos provocados por decisões em empreendimentos hidrelétricos nos limites do Estado.¹

O Quadro 1 relaciona as principais teses que mais se aproximaram do tema dessa pesquisa. Como principal convergência com esse estudo, observou-se a inquietação dos pesquisadores em mostrar que a economia sozinha não responde ao *tradeoff* "crescimento x desenvolvimento", visto que a dinâmica da própria economia impôs uma lógica de mercado que força um olhar mais abrangente sobre o meio ambiente.

continua

Autor/Ano Universidade	Título	Dimensões Incorporadas
FREITAS, G. S. (2011) UFRGS Prof. Orientador Dr. Ricardo Dathein	As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. < http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/40251/000822367.pdf?sequence=1 >	Ambiental Econômica Social
RAIZER, L. (2011) UFRGS Prof. Orientador Dr. Antonio D. Casttani	Sociedade e Inovação: energias alternativas no Brasil e no Canadá. < http://hdl.handle.net/10183/36124 >	Econômica Social
OLIVEIRA, A. A. (2012) UFRGS Prof. Orientador Dr. Eduardo E. Filipini	Políticas Ambientais e Desenvolvimento Regional: a perspectiva do pensamento institucionalista evolucionário. < http://hdl.handle.net/10183/69998 >	Ambiental Econômica Social
SIEBEN, A. (2012) UFU Prof. Orientador Dr. João Cleps Junior	Estado e Política Energética: a desterritorialização da comunidade rural de Palmatuba em Babaçulândia (TO) pela Usina Hidrelétrica Estreito < http://hdl.handle.net/123456789/1137 >	Institucional Social
SIMIONI, C. A. (2006) UFPR Prof. Orientador Dr. Dimas Floriani	O Uso de Energia Renovável Sustentável na Matriz Energética Brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis < http://hdl.handle.net/1884/5080 >	Ambiental Econômica Social

Quadro 1 - Teses que se aproximam do tema de pesquisa desse estudo (2000-2014)

¹ Análise de conteúdo no Capítulo 4 da metodologia.

conclusão

Autor/Ano Universidade	Título	Dimensões Incorporadas
KALINOWSKI, L. M. (2011) UNICAMP Prof. Orientador Dr. Arsênio O.S. Filho	A região do Ribeira do Iguape (Paraná/São Paulo) e a Hidroeletricidade: elementos para uma revisão crítica. http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000838155&opt=1	Ambiental Social
SANTOS, G. F. (2010) USP Prof. Orientador Dr. Eduardo A. Haddad	Política Energética e Desigualdades Regionais na Economia Brasileira http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-15042010-124223/pt-br.php	Institucional Social
ANDRADE, E. S M. (2012) COPPE UFRJ Prof. Orientador: Dr. Luiz Pinguelli Rosa	Geração Hidrelétrica no Nordeste: risco empresarial e ambiental para o setor elétrico brasileiro < http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/euridice_andrade.pdf >	Ambiental Econômica
COEHN, C. A. M. J. (2002) COPPE UFRJ Prof. Orientador Dr. Mauricio T. Tolmasquim	Padrões de Consumo: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil < http://ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ccohen.pdf >	Ambiental Econômica
SILVA, N. F. (2006) COPPE UFRJ Profs. Orientadores Dr. Luiz Pinguelli Rosa Dr. ^a Maria R.de O. P. de Araújo	Fontes de energias renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica < http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/nfsilva.pdf >	Ambiental Econômica Institucional
KAMOGAWA, L. F.(2008) USP Orientador Dr. Ricardo Shirota	Crescimento Econômico, Consumo de Energia, e Qualidade Ambiental: modelos inter-regionais sob a luz da hipótese EKC < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-11033009-085926/pt-br.php >	Ambiental Econômica Institucional

Quadro 1 - Teses que se aproximam do tema de pesquisa desse estudo (2000-2014)

Fonte: A autora (2014).

Os trabalhos buscaram contemplar a relevância, no cenário brasileiro, que é orientar a matriz energética para soluções alternativas que façam frente aos desafios futuros. Percebe-se que não se trata apenas de acompanhar o ritmo dos países desenvolvidos, mas, sobretudo, ampliar seu potencial em novas tecnologias de energias renováveis visando melhorar a competitividade da economia brasileira e seguir a rota da preservação dos ativos naturais brasileiros.

A proposição de uma matriz de decisão multicritério, com o objetivo de apontar as alternativas mais importantes no processo decisório de geração de eletricidade por hidrelétricas ou pequenas centrais hidrelétricas, pode ser considerada uma pesquisa inédita justamente por ponderar as particularidades de cada dimensão investigada e sua relação com a dinâmica da economia paranaense a partir da opinião de

profissionais que atuam e/ou atuaram em empresas públicas, privadas, mistas e outras organizações, e que têm amplo conhecimento sobre o setor elétrico paranaense.

O Brasil ainda expande a oferta de energia elétrica explorando o potencial das hidrelétricas concentradas na Amazônia. Segundo Moreira (2012), esse modelo já está se deteriorando por não considerar o gerenciamento da demanda, e os gestores do setor elétrico deveriam considerar outras oportunidades em métodos alternativos de geração. Observando-se a experiência dos países desenvolvidos, é visível que a meta de crescimento com uma economia de baixo carbono será alcançada quando as políticas forem capazes de contribuir para melhor equacionar as decisões que envolvem as dimensões ambientais, sociais e institucionais. Políticas isoladas não vão contribuir para o alcance de melhores indicadores de sustentabilidade energética.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação dessa pesquisa situa-se na área de estudos de políticas públicas para o desenvolvimento regional, com enfoque em hidroenergia de empreendimentos hidrelétricos e pequenas centrais hidrelétricas do Estado do Paraná. Essas unidades se mostram como potenciais agentes de promoção do desenvolvimento sustentável pela favorável disponibilidade de recursos hídricos da região. Note-se que no Balanço hídrico há um indicativo de que, na relação entre a disponibilidade e a demanda hídrica superficial, apenas 2,6% da água superficial do Estado é utilizada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010, p. 68).

Ademais, o Paraná detém um dos mais ambiciosos empreendimentos hidrelétricos do mundo, a Usina Itaipu Binacional, que começou a gerar energia em maio de 1984. A carência de estudos específicos que considerem particularidades do setor elétrico paranaense foi outro aspecto que contribuiu na escolha de uma pesquisa em desenvolvimento regional.

Importante ressaltar que para a geração dos resultados houve o envolvimento de profissionais do setor elétrico paranaense, que participaram voluntariamente do estudo, apresentando contribuições, por meio de duas ferramentas de coleta de dados conforme descrito no Capítulo 4 da Metodologia. A energia das hidrelétricas é

dominante na matriz elétrica do Estado, além do que essa é a mais expressiva fonte da matriz nacional.

Outro aspecto relevante é a delimitação temporal. Mudanças significativas como alteração da legislação ambiental, maior grau de regulação por parte da Agência Nacional de Energia Elétrica, disponibilidade de recursos para investimentos públicos e privados, e, no caso das hidrelétricas, crises de *déficit* hídrico, podem alterar a hierarquização das alternativas ora propostas por esse estudo, de forma que a pesquisa está delimitada para o contexto econômico, ambiental, político e institucional do setor elétrico em 2015. A percepção dos especialistas pode refletir o caráter conjuntural de suas opiniões.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos a partir da introdução, nos quais são apresentados: contexto e justificativa, problema, objetivos, hipótese e delimitações. O Capítulo 2 traz uma abordagem teórica dos temas Tecnologia, Economia e Dimensões da Energia. O Capítulo 3 descreve a metodologia da pesquisa. O Capítulo 4 faz um apanhado geral sobre o setor elétrico brasileiro e o paranaense. No capítulo 5, são apresentadas as análises e resultados e no capítulo 6 segue a conclusão e a sugestão de estudos futuros.

Nos Apêndices podem ser consultados os formulários de coleta de dados e os mapas gerados a partir de geoprocessamento.

2 TECNOLOGIAS, ECONOMIA E AS DIMENSÕES DA ENERGIA EM UMA ABORDAGEM TEÓRICA

Este capítulo se propõe a discutir de forma crítica os princípios do pensamento determinista e racionalista sob a perspectiva da tecnologia. Também são apresentadas as principais referências no estudo da economia e da sustentabilidade, as relações entre energia, economia e sociedade e, por último, uma análise dos principais trabalhos de tese relacionados ao tema dessa pesquisa.

2.1 O PENSAMENTO DETERMINISTA, O RACIONALISMO E A TECNOLOGIA

A ideia que resultou no modelo de racionalidade, que dominava o pensamento científico até meados do final do século XV, constituiu-se com o surgimento da revolução científica do século XVI, dentro dos domínios das ciências naturais (SANTOS, 1998). Entretanto, é somente no século XIX que o modelo de pensamento racional foi estendido às ciências sociais, que se pôde conceber uma variedade interna de saberes, ainda que haja sido estabelecida uma fronteira entre o conhecimento não científico (irracional) e o conhecimento científico que se aproximava das humanidades (SANTOS, 1998).

O pensamento científico dominante então era determinista em relação às leis da natureza. Os físicos da época estavam situados no conceito de princípios da estabilidade, no equilíbrio e no pleno uso da quantificação pela matemática. Pode ser constatado nas obras de Galileu e Einstein, por exemplo, que aquilo que não poderia ser quantificado não possuía relevância científica (POPPER, 1988). Historicamente, a concepção determinista já foi tratada por filósofos atomistas gregos e fortalecida pela mecânica newtoniana (PRIGOGINE, 2009). Contudo, o determinismo passou por fortes críticas oriundas especialmente da física na mecânica quântica. Foi somente no século XIX, por meio de novos conceitos da biologia, que se verificou o primeiro grande ataque ao determinismo pela teoria evolucionista de Darwin, na qual o papel do acaso passou a ganhar importância (POPPER, 1988).

Outro aspecto ligado ao determinismo repousa no conceito de reducionismo, um método científico embasado na redução da complexidade de um problema, sendo Descartes (2009) considerado o fundador do racionalismo moderno, ao sustentar a superioridade da razão na origem de todo conhecimento. Na obra *O Discurso do Método*, originariamente publicada no ano de 1637, Descartes afirma que somente por um método rigoroso o homem poderia aceitar, por sua própria iluminação, as ciências universais e que, para isso, precisaria de um método, um caminho sistemático que o conduzisse de uma verdade a outra verdade. Um dos pilares do método proposto pelo filósofo francês repousava em "dividir cada uma das dificuldades que eu examinasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e necessárias para melhor resolvê-lo" (DESCARTES, 2009, p. 33-34). Em sua percepção, para se alcançar a verdade absoluta era necessário o desprendimento dos preconceitos e princípios que ofuscassem a razão, isso associado a um método seguro de análise do problema – a matemática – a ciência do conhecimento certo e evidente. O alcance de uma certeza a qual todos os seres humanos pudessem compartilhar só seria viabilizado por meio de uma ciência fundada sobre a matemática, o único caminho dissociado de valores e credos religiosos (DESCARTES, 2009).

Segundo Prigogine (2009), há três séculos a noção de leis da natureza associada à obra de Newton permanece como referência indispensável para a física. Na abordagem mecanicista newtoniana, tem-se a ideia de um mundo-máquina, cujas operações são determinadas "por meio de leis físicas e matemáticas, um mundo estático e eterno a flutuar num espaço vazio, um mundo que o racionalismo cartesiano torna cognoscível por via da sua decomposição nos elementos que o constituem" (SANTOS, 1988, p. 51). O determinismo mecanicista pode ser compreendido como uma forma de conhecimento utilitário e funcional. Ao se discutir a questão da certeza, tem-se que "a formulação das leis da natureza pela mecânica clássica exprime com maior limpidez a convicção segundo a qual a ciência conduz à certeza" (PRIGOGINE, 2009, p. 52).

Em paralelo, da mesma forma que Galileu, Einstein e Newton são considerados os precursores na descoberta das leis da natureza, pode-se tomar como pioneiros das leis da sociedade os filósofos Francis Bacon, Giambattista Vico e o Barão de Montesquieu (SANTOS, 1988). Em suas reflexões, também Thomas Kuhn (1989) contribuiu nesse sentido, mas atribuindo o atraso na formulação de teorias em ciências

sociais à falta do consenso paradigmático, como ocorreu nas ciências naturais. A ação humana é fundamentalmente subjetiva, pois o comportamento humano não pode ser descrito nem explicado com base nas suas características exteriores e objetivas. Nesse sentido, destaca-se o pensamento de Max Weber (1986, p. 94):

A tentativa de um conhecimento da realidade livre de pressupostos (grifo do autor) apenas conseguiria produzir um caos de juízos existenciais acerca de inúmeras percepções particulares. E mesmo este resultado só na aparência seria possível, já que a realidade de cada uma das percepções, expostas a uma análise detalhada, oferece um sem-número de elementos particulares, que nunca poderão ser expressos de modo exaustivo nos juízos de percepção.

A ciência social será sempre uma ciência subjetiva, que vai requerer a utilização de critérios epistemológicos específicos e métodos de investigação qualitativos para se alcançar um conhecimento descritivo e compreensivo (KUHN, 1989).

Mas é em Heidegger, como expoente da crítica à técnica moderna, que se verifica o caráter essencialmente especialista da ciência moderna. O cientista descreveu a física como um campo supostamente afastado do social, a ciência que funcionaliza as coisas, e cita o exemplo da atividade de produção de energia. O processo de demandar (*stellen*) recursos fósseis como fonte de energia, a exemplo das usinas nucleares de alta tecnologia, seria impensável sem a física e a engenharia moderna. Também é destacado o papel do cálculo matemático que, a sua maneira de pensar, "apresenta toda a natureza como um conjunto de forças calculáveis" (BRÜSEK, 1994, p. 24), revelando dessa forma o caráter intervencionista da realidade, conforme as necessidades da técnica.

Heidegger foi uma voz expressiva durante os anos 1950 na discussão da questão da técnica, contudo outros autores devem ser referenciados, autores como Aldous Huxley (*Brave, New World*, 1932); Georg Friedrich Jünger (*Die Perfektion der Technik*, 1953); Günter Anders (*Die Antiquiertheit de Menschem*, 1956); Arnold Gehlen (*Die Seele im Technischen Zeitalter*, 1957); Herbert Marcuse (*Homem Unidimensional*, 1964). Esses autores expressaram em suas obras, fossem literárias, filosóficas, sociológicas, críticas à técnica e à tecnologia que se mostravam como um instrumento de manipulação e molde do pensamento humano, uma forma de rebeldia contra a natureza, numa época em que foi muito presente um intenso ceticismo quanto às consequências do desenvolvimento técnico (BRÜSEK, 1994).

A partir da segunda metade dos anos 1970, as críticas à técnica foram agregadas à crítica social com o fortalecimento do movimento ecologista (VIOLA; LEIS, 1992). Em 1976, na Alemanha, ocorreram as primeiras manifestações contra as usinas nucleares, alertando a sociedade de que as preocupações com a técnica não eram objeto de estudos e reflexões apenas do campo filosófico. Nesse momento, surgiram intelectuais de diferentes correntes teóricas abordando a crise ambiental sob uma perspectiva crítica ao desenvolvimento técnico (BRÜSEK, 1994).

Autores como Barry Commoner (1971), Michael Bosquet (1976) e cientistas ligados ao Clube de Roma (MEADOWS et al., 1972) foram os primeiros representantes do pensamento ambientalista a incorporar, em suas críticas ao capitalismo industrial, uma forte oposição ao desenvolvimento tecnológico (ANDRADE, 2004). Tal argumento estava embasado na ideia de que os efeitos negativos sobre o meio ambiente seriam decorrentes da atividade industrial – que não internalizava os custos ambientais – e que o capitalismo não daria conta de ampliar sua rentabilidade. Para Andrade (2004, p. 96), "as tecnologias modernas, baseadas no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes, representariam o grande fator desestabilizador do meio ambiente". Entende-se que os teóricos do ambientalismo, ao enxergar o fenômeno técnico a partir dos seus efeitos ou resultados indesejáveis, reduziam o rendimento técnico a seus efeitos quantificáveis.

Feenberg (1991) já observava uma potencial crise de exaustão do meio ambiente e percebeu no movimento ambientalista a possibilidade de associar um custo, como contrapartida ou trocas compensatórias (*tradeoffs*), que de longe se transformariam em aumento da eficiência como um todo para a sociedade. Em sua visão, "o modelo custo-benefício ou troca compensatória propõe um dilema: tecnologia com forte base ecológica *versus* prosperidade, produtividade, etc." (p. 119). Parafraseando o autor, os problemas do industrialismo moderno estão distantes de uma resolução definitiva, uma vez que, primeiramente, teriam de ser mediados os interesses públicos e os privados.

O termo "determinismo tecnológico" foi cunhado pelo sociólogo americano Thorstein Veblen e aperfeiçoado por Robert Ezra Park, também sociólogo norte-americano e um dos fundadores da Universidade de Chicago (LIMA, 2001). Em Pereira (2006), encontra-se o termo "determinismo tecnológico" descrito como um esquema lógico no qual se aposta que um artefato, uma tecnologia ou um meio

pode condicionar os modos de percepção, de cognição e de comunicação de uma dada pessoa e/ou cultura. Em Ellul (1968), McLuhan (1980) e Toffler (1980), a tecnologia é a principal responsável por mudanças em nível institucional, social e individual, entretanto, os fatores humanos e sociais ocupam um espaço secundário, especialmente dentro das organizações. Nas palavras de Ellul (1968, p. 135), "não pode haver autonomia humana em face da autonomia tecnológica". Por outro lado, McLuhan (1980) sustenta que as máquinas alteram as relações sociais independentemente do uso que delas se faça, e que seria possível que o homem passasse a ser moldado pela tecnologia, estabelecendo-se uma relação de dominação técnica a ponto de o homem perder o controle sobre suas criações.

Em artigo publicado na Revista *Horizon* (1965), foi vista, pela primeira vez, a expressão "choque do futuro", para descrever a "tensão arrasadora e a desorientação que causamos aos indivíduos ao submetê-los a excessiva mudança num espaço de tempo demasiado curto" (TOFFLER, 1970, p. 8). Na esteira desse conceito, nota-se que a tecnologia se retroalimenta por meio da geração de mais tecnologia, e que o desafio das futuras gerações será manter sua capacidade de aprender, desaprender e reaprender em esforço constante de construir conhecimento sob nova perspectiva.

Na tentativa de o homem escapar da realidade e distanciar-se de uma sociedade impregnada de autointeresse e conflitos, Prigogine (2009) afirma que fazer ciência é um exercício de reflexão e menciona o vínculo que existiu entre Dostoiévski e Einstein (a literatura e a ciência exata). Em épocas anteriores, filósofos como Lucrécio e Epicuro visualizaram que "a ciência era uma maneira de escapar da condição humana e contemplar os esplendores da razão que agiam na natureza" (PRIGOGINE, 2009, p. 92-93). Então a ciência não pode ser encarada como um processo hermético confinado à caixa matemática.

Depreende-se dessas considerações preliminares que a técnica e a tecnologia, sob a abordagem determinista e racional, foram o cerne do pensamento dominante até o século XIX, e que mudanças se processaram somente a partir das primeiras décadas do século XX, quando os aspectos humanos passaram a ocupar maior espaço. A utilização das novas tecnologias é um processo irreversível, contudo ficam dúvidas em como se tratar os problemas sociais, éticos, econômicos e outros que ainda surgirão, decorrentes dos avanços da ciência moderna e para os quais ainda não se tem conhecimento suficiente para dar-se respostas rápidas à sociedade.

Há de se considerar o controverso papel da tecnologia como agente transformador do desenvolvimento. Para definir tecnologia e separá-la da ideia de técnica, Mário Bunge (1985), teórico da ciência pertencente à tradição analítica, propõe uma definição de "tecnologia sistemática", definida como "o campo do conhecimento relativo ao desenho de artefatos e a planificação da sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, a luz do conhecimento científico" (p. 231). Ressalte-se que Bunge (1989), apesar da sua tradição iluminista, também considera os aspectos negativos da tecnologia, visto que sua produção e controle são de domínio dos seres humanos, o que a torna refém de variados interesses e propósitos. Nesse sentido, sugere a defesa de uma ética que responsabilize os processos de inovação tecnológica e repudia a difundida noção de que a tecnologia seja neutra.

Desde a década de 1970, quando se iniciaram as primeiras repercussões sobre os impactos negativos da ação do homem sobre o planeta, ambientalistas têm discutido as consequências do avanço tecnológico como agente potencializador de uma crise global que pode desestabilizar o planeta e a sociedade. Contudo, tal postura se mostrou, muitas vezes, numa perspectiva tecnofóbica e resistente (ANDRADE, 2004).

Feenberg (1991) propõe uma visão da tecnologia como um fenômeno bilateral, ficando de um lado o operador e, de outro, os seres humanos. A ação técnica é um exercício de poder em que a sociedade é organizada ao redor da tecnologia, e o poder tecnológico é a fonte de poder da coletividade em que "a racionalização na nossa sociedade responde a uma definição particular de tecnologia como um meio de obter lucro e poder" e, no mesmo diapasão, "[...] a sociedade tecnológica está condenada à administração autoritária, ao trabalho irracional, e ao consumo igualmente irracional" (p. 126-127).

A posição social da tecnologia como agente motor do desenvolvimento já era discutida pelos gregos Platão e Aristóteles, que foram os primeiros filósofos a se fixar nos "problemas da gênese e da natureza do conhecimento, bem como os problemas lógicos e metodológicos" (FERREIRA, 2010, p. 3). Na base do que se constitui a teoria clássica em torno do estudo da técnica e da tecnologia, estão importantes contribuições de Marx, Engels, Rousseau, Bacon, Comte e Simmel, mas o debate foi intensificado por Heidegger (1977) em sua formulação sobre a "questão da tecnologia" e em Ellul (1968) sobre o "fenômeno técnico" (FERREIRA, 2010), como mencionado logo atrás.

Tanto Heidegger (2007) como Ellul (1968) sugerem uma relação em que os homens se tornam pouco mais que objetos da técnica ou, na visão crítica de McLuhan (1980, p. 65): "Fisiologicamente, no uso normal da tecnologia, o homem é perpetuamente modificado por ela, mas em compensação sempre encontra meios de modificá-la [...] como se o homem se tornasse o órgão sexual do mundo da máquina".

"Sistema tecnológico" pode ser definido como um ordenamento do mundo, tratando-o como um meio para atingir determinado fim. Trata-se do desafio para qual o homem ordena o mundo e ao mesmo tempo revela a sua essência, o qual pode ser caracterizado de enquadramento. Essa é uma definição parcial de "tecnologia" como parte integrante da resolução de um problema, mas não a solução em si mesma (HEIDEGGER, 1977). Como consequência, um forte argumento heideggeriano se baseia no risco potencial de que seus meios não são neutros e que seu conteúdo afeta a sociedade independentemente dos objetivos almejados. Tal conteúdo pode não ser destrutivo; trata-se de uma questão de *design* e inserção social. Portanto, a essência da tecnologia proposta por Heidegger reflete os valores do capitalismo moderno da época, isto é, o ambiente no qual primeiramente a tecnologia se desenvolveu, e cuja vocação era controlar o mundo e focalizar os interesses empresariais como lucro e produtividade (HEIDEGGER, 1977).

Feenberg (1991, p. 124) contra-argumenta destacando que "o que é novo na tecnologia moderna só pode ser entendido quando oposto ao subterrâneo do mundo técnico tradicional do qual se desenvolveu". Em sua análise, a tecnologia moderna é flexível quanto a sua ênfase que cede lugar às mudanças genéricas, e conclui nessa discussão que a tecnologia pode suportar mais de um tipo de civilização tecnológica e que no futuro, poderá ser incorporada a uma sociedade mais democrática. O respeito pela natureza não é contrário ou incompatível com a tecnologia, mas pode aumentar a eficiência dos sistemas em termos mais abrangentes (FEENBERG, 1991).

A obra de Thomas Hughes (1985; 1989), *Networks of Power, Electrification in Western Society*, ao abordar a expansão das redes de eletricidade nos Estados Unidos e alguns países europeus, estabeleceu diferentes relações entre artefatos físicos – como dínamos e transformadores – e os interesses de outros autores sociais e empresariais pertinentes ao desenho de um sistema. Os aspectos sociais e organizativos podem ser tão ou mais importantes quanto os próprios artefatos (HUGHES, 1985, 1989a, 1989b).

Sir Martin Rees em *Our Final Century* (2004) considerou a existência de riscos potenciais de destruição do planeta pelo uso intensivo e autodestrutivo da tecnologia. Seu principal argumento era que a tecnologia poderia ser utilizada a favor de grupos seletos com a intenção de causar danos a cidadãos inocentes. A obra remete à existência de um temor de que a nanotecnologia e a biotecnologia poderiam ser utilizadas em atos terroristas ou eventos de grande potencial de destruição coletiva. *Our Final Century* foi considerado uma denúncia contra a rigorosa alteração no clima da Terra provocada pela irresponsável utilização de combustíveis fósseis resultando em "bagunça no planeta" (LOVELOCK, 2007, p. 140). Em pleno século XXI, eventos como o 11 de Setembro ou os recentes ataques terroristas em diferentes países (França e África, em 2014, por exemplo) confirmam o temor de Sr. Martin Reesen.

No ano de 2002, Sir Crispin Tickel proferiu uma palestra cujo tema era o futuro da humanidade e as inevitáveis transformações da sociedade moderna. Seu argumento repousava na ideia de que a transformação deveria se processar dentro de cada indivíduo, para então se partir a uma mudança coletiva de consciência e do comportamento humano em relação ao planeta. Ao se mudar as ideias e estabelecer um novo padrão de comportamento, a sociedade deveria ter como meta um equilíbrio saudável entre consumo de recursos, eliminação de resíduos e o meio ambiente. O mundo natural deveria ter um valor, não apenas para o bem-estar do ser humano, mas para si e em si, e que o universo é algo tanto interno como externo. A tecnologia não consegue solucionar todos os problemas, mas sendo encarada como a solução final corre o risco de lançar a humanidade no caminho da dependência e da escravidão (LOVELOCK, 2007).

Autores como Dickson (1980, p. 1) criticaram a tecnologia como um agente de destruição e dominação social. "As máquinas acabarão por tomar posse do planeta e exigirão obediência total da raça humana [...] acreditar cegamente em ciência e tecnologia era como fazer um pacto, ao modo de pacto de Fausto, com o diabo".² (DICKSON, 1980, p. 1). Em *Tecnopólio*, verifica-se que a rendição da cultura à tecnologia e seu crescimento descontrolado pode levar à destruição das fontes vitais da humanidade. Em outros termos, da mesma forma que a tecnologia contribui para

² Tradução livre de: "[...] las máquinas tomarían eventualmente posesión del planeta y exigirían la obediencia total de la raza humana [...] que al creer ciegamente en la ciencia y en la tecnología era como hacer, un pacto, al modo de Fausto, con el diablo." (DICKSON, 1980, p. 1).

o desenvolvimento, igualmente transforma e desfaz conceitos, hábitos e percepções a propósito da cultura na qual foi inserida, podendo se mostrar tanto amiga como inimiga do homem (POSTMAN, 1994, p. 12). A tecnologia tem alterado a dinâmica social, convertendo a sociedade no que Winner (1987) convencionou caracterizar "sonambulismo tecnológico".

Bazzo (2011, p. 94) propõe que a ciência e a tecnologia são tidas como libertadoras em si mesmas e o progresso e o conforto proporcionados por todas as facilidades da vida moderna fariam "os homens felizes, independentemente das condições de suas aplicações". Aqueles que ousam ser contra os excessos tecnológicos da vida moderna estão sujeitos a carregar o estigma de "antitecnologistas" ou arautos do atraso da evolução humana. Ademais, o modelo brasileiro de estudo de projetos tecno-científicos é fortemente criticado por Bazzo (2011), no qual as ideias e projetos são "analisados" por grupos de burocratas distantes da realidade prática e que tomam decisões "tecnicistas". Tal conduta pode estar relacionada à falta de preparo na formação de cidadãos críticos atentos às questões políticas e sociais, incluindo-se os grupos que decidem pela política tecnológica do país. O que se verifica nos países em desenvolvimento é que as motivações quase sempre estão afastadas das reais necessidades da sociedade.

Sobre a noção de progresso, na visão otimista de Prigogine (2009), a ciência vem passando por um processo de transformação, e o efeito positivo em países como a China e a Índia foi tirá-los da condição de subsistência. A ciência da informação em tempo real e as ciências biológicas desempenharam um papel relevante, pois, segundo o raciocínio dessas formas de pensar, o mundo parece se afastar da abordagem newtoniana regular e das trajetórias lineares, embora a visão determinista continue a prometer o progresso. No entendimento desse autor, o máximo obtível a partir dessa visão estreita é um progresso inevitável muito afastado do conceito verdadeiro de progresso.

O mundo está no limiar de uma transformação sem precedente: "O futuro é incerto, mas podemos contribuir para sua construção" (PRIGOGINE, 2009, p. 66). O que se espera das futuras gerações é que assimilem novos conhecimentos, compreendam o valor da interdisciplinaridade, estudem criteriosamente os novos conceitos e instrumentos tecnológicos, pois não há mais espaço somente para a racionalidade científica. A ciência está abandonando a visão geométrica clássica, e as leis da natureza hoje

se referem às probabilidades que devem ser investigadas sob diferentes enfoques (PRIGOGINE, 2009).

Atualmente, pode-se considerar superada a separação entre as ciências exatas e seu legado de certezas *vis-à-vis* as ciências humanas e sua limitação para a previsibilidade. A sociedade vive um momento de transição, em que é chegada a hora de se formar novas alianças entre a história do homem, das sociedades humanas, do conhecimento humano e da natureza.

2.2 ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE EM UMA PERSPECTIVA ATEMPORAL

Pode-se afirmar que o precursor no estudo da preservação ambiental foi Thomas Robert Malthus, em *An Essay on the Principle of Population* (1798), onde observou que era fundamental proporcionar no futuro as mesmas condições e recursos naturais de que dispunham as gerações no presente. Os economistas David Ricardo, John Stuart Mill e Stanley Jevons também alertaram que a finitude dos recursos naturais poderia comprometer o desenvolvimento econômico no longo prazo (ROMEIRO, 1999). Arthur Cecil Pigou (1919), em *The Economics of Welfare*, propôs um estudo mais consistente sobre o tema, inserindo o conceito de "externalidade negativa", que serviu de base para o desenvolvimento da teoria sobre os efeitos da poluição (ROMEIRO, 1999).

De acordo com Cavalcanti (1998), na metade do século XX, o tema foi retomado com maior vigor no Clube de Roma, com a publicação do relatório *Os limites do crescimento*, por Donella L. Meadows et al. (1972). Os autores debateram que a tecnologia poderia ampliar os limites do crescimento de forma perigosa, alertando sobre os potenciais riscos que poderiam ocasionar ao meio ambiente:

O otimismo tecnológico é a reação mais comum e mais perigosa às nossas descobertas a partir do modelo do mundo. A tecnologia pode amenizar os sintomas de um problema sem afetar as causas subjacentes [...] [e] pode, assim, desviar nossa atenção do problema mais fundamental: o problema do crescimento num sistema finito. (Meadows et al., 1972, p. 35).

Posteriormente, surgiram estudos voltados a discutir a questão tecnológica e o meio ambiente, cujas ideias influenciaram e deram corpo aos primeiros debates sobre temas ambientais e ao desenvolvimento sustentável (CAVALCANTI, 1998). Ernst Friedrich Schumacher (1979), em *Small is Beautiful: a study of economics as if people mattered*, criticou a visão monetarista e pouco humana da economia, que na sua visão é tratada num cenário aparentemente infinito de recursos. Na perspectiva de Schumacher (1983, p. 11-12): "o crescimento econômico, quando encarado do ponto de vista da Economia, da Física, da Química, e da Tecnologia, não tem limites discerníveis [e] defrontar-se-á necessariamente com congestionamentos decisivos quando encarado pelo prisma das ciências ambientais".

O modelo de desenvolvimento econômico baseado em uso intensivo de tecnologia, especialmente na indústria, destrói o planeta e dilacera gradativamente os valores humanos da sociedade. Os efeitos da indústria química sobre o meio ambiente, por exemplo, é um entre vários sinais da deterioração do meio ambiente provocada pelo modo de produção baseada em combustíveis fósseis, que também é indiretamente responsável pelo agravamento da situação de desigualdade social (SCHUMACHER, 1983).

Na obra *Gaia*, James Lovelock (2007) traz a discussão sobre as ameaças do (e advertências ao) uso intensivo, queima de combustíveis fósseis e o consumo irracional da energia. A sociedade global não está se preparando para o perigo de uma catástrofe anunciada, pois os cientistas parecem desconhecer a extensão desses perigos e, de certa forma, não sabem quais providências adotar. Ademais, existe uma grave falha na forma como a academia comunica o resultado de seus trabalhos de pesquisa "[...] a visão objetiva da ciência é quase incompreensível. Os artigos e livros científicos são tão herméticos que os cientistas só conseguem entender aqueles de suas próprias especialidades" (p. 148).

A discussão em Lovelock (2007) remete ao estudo do Efeito Mateus³, um fenômeno segundo o qual os cientistas são vistos como grupos à parte da sociedade. Escrevem para seus pares e interagem grande parte do tempo entre si. As mudanças

³ "O Efeito Mateus consiste na acumulação de maiores incrementos de reconhecimento por contribuições científicas particulares para cientistas de reputação considerável e a retenção de tal reconhecimento para cientistas que ainda não deixaram sua marca." (MERTON, 1968, p. 58).

de cultura de acordo com as quais cientistas são criações de academias tradicionais e seletas são pontos pacíficos de reflexão.

Fritjof Capra em *The Turning Point* (1993) tentou explicar como o pensamento cartesiano influenciou o avanço dos estudos na Biologia, na Medicina, na Psicologia e na Economia. Capra (1993) enfatizou a importância da mudança de foco das ciências econômicas para a valorização do humano e do meio ambiente: "Para se alcançar tal estado de equilíbrio dinâmico, será necessária uma estrutura social e econômica radicalmente diferente: uma revolução cultural na verdadeira acepção da palavra" (p. 16). Ao discutir o impasse da economia, o autor fez um exame dos pressupostos dessa disciplina caracterizando-a de reducionista e fragmentária, na qual é nítida a falta de percepção de que essa mesma ciência é parte integrante de um contexto ecológico e social "um sistema vivo composto de seres humanos em contínua interação e com seus recursos naturais, a maioria dos quais, por seu turno, constituída de organismos vivos" (p. 180).

Capra (1993) em *The turning Point* levou os leitores a questionar a incapacidade da estrutura econômica, política, social e institucional do século XIX em se adaptar às mudanças em curso. Entre as principais falhas na estrutura econômica apontadas pelo autor, podem ser relacionadas:

1. Uma supervalorização da dimensão econômica e dos valores de mercado.
2. O fato de economistas desconsiderarem o dinamismo da ciência econômica.
3. Os valores que determinam os modelos econômicos atuais como os únicos possíveis de serem quantificados e atribuídos de pesos monetários; e as noções de crescimento econômico e tecnológico são isentas de qualquer senso de limitação de recursos naturais.
4. Independentemente da natureza do problema, a primeira reação é abordá-lo sob a perspectiva tecnológica.
5. As companhias multinacionais são as que mais exploram os recursos naturais, mão de obra barata, novos mercados, expulsando milhares de pequenas firmas, recebendo subsídios federais, absorvendo vultosos capitais e recursos disponíveis. A autopreservação e o continuado desenvolvimento tornam-se a meta fim.

O autor referencia notas de um dos manuscritos econômicos e filosóficos de Marx, em que ele discorre sobre a questão da natureza: "o trabalhador nada pode criar sem a natureza, sem o mundo sensório externo. Esse é o material em que seu trabalho se manifesta, no qual está ativo, a partir do qual e por meio do qual ele produz"⁴ (CAPRA, 1993, p. 198).

Um novo enfoque do papel da economia deve compreender mudanças de valores, como a noção de "riqueza" e de "trabalho antieconômico". Os empresários devem rever a prática do trabalho e propiciar um ambiente onde o trabalhador sinta-se útil para a sociedade e igualmente devem entender que a atividade de produção deve manter uma relação harmoniosa com o ecossistema (CAPRA, 1993). Essas ideias se mostraram inovadoras para a década de 1980, pois se acercaram de temas da história da ecologia, economia, ciências políticas e ciências sociais. Nas palavras de Boiser (1989, p. 2), trata-se de uma "travessia transdisciplinar e sistêmica entre ciências naturais e humanas ou sociais, uma reorientação paradigmática das mesmas [ciências]", cujas ideias se mantêm atualizadas e muitas das discussões propostas, ainda sem solução definitiva.

Em 1983, a médica Gro Harlem Brundtland foi convocada para presidir a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL, 2015). Decorridos quatro anos, em 1987, a Comissão Brundtland publicou um relatório progressista, intitulado *Nosso Futuro Comum*, que trouxe para o debate público o conceito de desenvolvimento sustentável (CAVALCANTI, 1998). Observe-se que o conceito de desenvolvimento sustentável⁵ surgiu pela primeira vez no início da década de 1970, com o nome de codesenvolvimento, em resposta à polêmica causada pelo Relatório do Clube de Roma (ROMEIRO, 1999).

De acordo com Mantovaneli Jr. (2011), o modelo de desenvolvimento proposto no relatório *Nosso Futuro Comum* está embasado em dois conceitos chaves: necessidade e limitação, sendo que ambos passam pela superação da pobreza:

⁴ MARX, Karl. Manuscritos econômicos e filosóficos. 1884. p. 58 apud Capra (1993).

⁵ Existe um consenso geral em atribuir a Ignacy Sachs, da Escola de Altos em Ciências Sociais de Paris, uma preeminência nas suas qualificações conceituais sobre o termo desenvolvimento sustentável (ROMEIRO, 1999).

O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades. Um mundo onde a pobreza e a desigualdade são endêmicas estará sempre propenso às crises ecológicas, entre outras [...] O desenvolvimento sustentável requer que as sociedades atendam às necessidades humanas tanto pelo aumento do potencial produtivo como pela garantia de oportunidades iguais para todos.

Muitos de nós vivemos além dos recursos ecológicos, por exemplo, em nossos padrões de consumo de energia [...] No mínimo, o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos.

Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas. (BRUNDTLAND, 2014).

Note-se que a definição de desenvolvimento sustentável recomendado pela Organização das Nações Unidas carrega uma ambiguidade, pois nas relações de produção do capitalismo essa proposição não se concretiza. As desigualdades inerentes a este modelo não ocorrem sem causar impactos ao meio natural e social. O conceito de desenvolvimento sustentável funciona como um elo entre a amplitude da economia, passando necessariamente pela questão social e a ecológica. Esse cruzamento ocorre quando, ao se estudar formas de proteger o meio ambiente, aparece uma redefinição dos fundamentos da economia ao se incorporarem variáveis antes ignoradas. Entretanto, segundo Romeiro (1999, p. 3), o conceito de desenvolvimento sustentável ainda causa divergência de opiniões "[...] principalmente no que concerne aos mecanismos dessa intervenção, as quais estão relacionadas principalmente ao entendimento do inevitável *tradeoff* entre crescimento econômico e meio ambiente".

Silva (2008) trata o conceito de desenvolvimento sustentável a partir de uma visão integrada, em que será possível obter-se avanços na medida em que as dimensões do desenvolvimento convergirem no atendimento às restrições existentes, bem como respondendo aos objetivos individuais e coletivos. Em sua proposta de um modelo de monitoramento do desenvolvimento sustentável, é enfatizada a importância do papel das pessoas, isto é, "o desenvolvimento sustentável é de todas as pessoas, por todas as pessoas e para todas as pessoas" (p. 25). Diante disso, o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser definido como:

[...] um processo de transformação que busca beneficiar a coletividade a partir do equacionamento de problemas específicos por meio do inter-relacionamento não conflituoso – e que deve ser regulamentado por instituições – entre os campos da economia, do espaço, da saúde, da educação, da cultura e do meio ambiente.⁶ (SILVA, 2005, p. 27).

Ou ainda, conforme Rauli, Araújo e Wiens (2008 p. 145): "o novo paradigma do desenvolvimento sustentável pressupõe critérios fundamentais estabelecidos simultaneamente: equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica". Esses autores discutem que o desafio proposto à sociedade moderna é medir a evolução desses critérios a partir de metodologia adequada e parâmetros aceitáveis.

Capitalismo Natural, publicado por Hawken, Lovins e Lovins (2005), enfocou a análise nos empresários e nos ganhos de produtividade da indústria. A principal contribuição dessa obra foi mostrar que a primeira etapa da solução da perda ambiental está no ganho da produtividade dos recursos, dentro de uma lógica econômica sadia, no uso de tecnologias inteligentes e no *design* contemporâneo dos projetos. Esse novo paradigma poderia ser entendido como "desenvolvimento industrial racional". Resumidamente, são propostas quatro estratégias básicas: (i) produtividade plena dos recursos; (ii) o biomimetismo⁷; (iii) a noção de economia de serviços e de fluxos (comprar serviços em vez de de máquinas, adquirir bens duráveis passíveis de *upgrade*) e o (iv) investimento no capital natural – aporte de capital na manutenção e restauração do ecossistema (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2005).

Jared Diamond (2007) na obra *Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso*, faz uma extensa reflexão sobre a existência de um potencial colapso social. Esse ponto de ruptura envolveria o dano ambiental causado pelo homem, dano o qual o autor classifica de "suicídio ecológico não intencional" ou "ecocídio". É apontada a existência de doze ameaças de colapso da sociedade moderna, que, num futuro breve, poderão empurrar o homem para mudanças de padrão de vida consideravelmente inferiores. Há indícios de que pode ocorrer o declínio ou a perda

⁶ Ressalta-se que esse conceito é fruto de um trabalho do grupo de pesquisa Sustentabilidade do mestrado Organizações e Desenvolvimento, área de concentração Sustentabilidade Socioeconômica e linha de pesquisa em Políticas Públicas e Terceiro Setor, UNIFAE Centro Universitário.

⁷ Consiste na eliminação de desperdícios por meio do redesenho dos processos produtivos da indústria, traçando linhas biológicas que melhor aproveitem e transformem a natureza dos processos, somado ao conceito de reciclagem constante e eliminação do lixo tóxico (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2005).

de valores fundamentais da vida, seja pela ocorrência de guerras em disputas territoriais ou recursos naturais, seja pela disseminação de doenças em escala global (DIAMOND, 2007).

Dos autores que mais se dedicaram ao estudo do tema sustentabilidade, Ignacy Sachs é um dos mais respeitados estudiosos e críticos nesse campo, segundo Bresser-Pereira (2013). Seus seguidores observam que a ideia simples de desenvolvimento como crescimento econômico é por ele contestada desde o início da década de 1950. O economista polonês é reconhecido pela construção de "uma alternativa de desenvolvimento, já bem mais elaborada e voltada à autonomia do desenvolvimento local das populações, especialmente dos países pobres" (CATTANI, 2003, p. 77).

Para Bresser-Pereira (2013, p. 361), Sachs pode ser definido como "um grande intelectual que rejeita a torre de marfim da universidade – da *École des Hautes Études en Sciences Sociales*, onde ele ensina – e está sempre e vigorosamente mergulhado na prática". Na opinião do autor, Sachs defende com paixão seus ideais de liberdade, justiça social e os valores do meio ambiente. Apesar de sua natureza utópica, foi um estudioso pragmático e sempre esteve envolvido em projetos de interesse econômico, social e ambiental que fortalecesse e promovesse melhorias de qualidade de vida aos menos favorecidos.

Há pelo menos quatro décadas, Ignacy Sachs vem discutindo e debatendo a importância de um novo paradigma de desenvolvimento que abarque a ciência econômica, a ecologia, a antropologia cultural e as ciências políticas (BRESSER PEREIRA, 2013). Seus estudos enfatizam a essencialidade dos aspectos qualitativos do desenvolvimento e uma intensa crítica à concentração de renda verificada em nível global. Note-se que Sachs é considerado pertencente a um grupo de estudiosos que negava tanto o crescimento a qualquer custo, como o fundamentalismo ecológico. (SACHS; DOWBOR; LOPES, 2010).

Nicholas Georgescu-Roegan (1971) foi um cientista estatístico, matemático e economista de origem romena, que, a partir dos anos de 1960, começou a revisar as teorias econômicas dominantes, fazendo críticas ao materialismo e idealismo que lhe são inerentes. Os economistas ortodoxos ou heterodoxos não consideravam as fronteiras ecológicas globais em suas análises, ignorando a possibilidade de ocorrer desarmonia entre o homem e o meio ambiente natural.

Por trinta anos, Georgescu-Roegan fez inúmeras contribuições para a ciência econômica, contudo, indiscutivelmente, sua obra prima foi *The entropy law and the economic process*, cujo escopo foi apresentar a diferença entre a Mecânica e a 2.^a Lei da Termodinâmica, a Lei da Entropia. "Talvez nenhuma lei ocupe, na ciência, um lugar tão singular quanto a Lei da Entropia.⁸ É a única lei física a reconhecer que o próprio universo material está sujeito a uma mudança qualitativa irreversível, a um processo evolutivo". Diante disso, quanto maior a desordem do sistema, maior a entropia (GEORGESCU-ROEGAN, 2012, p. 83). Esse entendimento de que a Lei da Entropia está na origem da escassez econômica é crucial, uma vez que se essa lei inexistisse os recursos energéticos poderiam ser utilizados e reutilizados indefinidamente.

O professor Georgescu-Roegan foi apontado por Celso Furtado (1974) como um dos poucos economistas que se preocupava em estudar o processo de criação e destruição de energia segundo a lei da termodinâmica. "[...] a matéria energia entra no processo econômico num estado de baixa entropia e sai dele num estado de alta entropia" (FURTADO, 1974, p. 14). Tanto os bens de capital quanto a força de trabalho mantendo-se constantes tornam-se uma irrealidade, dado que o processo econômico é dinâmico e ocorrem frequentes mudanças qualitativas e quantitativas em máquinas e equipamentos de produção. Na abordagem neoclássica da produção, todos os fatores são considerados similares, pressupondo-se que a substituição seja ilimitada, o que na prática é impossível (GEORGESCU-ROEGAN, 2012).

O desgaste dos recursos naturais e o tratamento dos resíduos são um problema que afetará diretamente a qualidade de vida das gerações futuras, o que deve pressionar os economistas a ampliar o escopo de seus estudos para além da circulação de valores monetários. As questões da sustentabilidade ambiental do processo de desenvolvimento não são questões de curto prazo. Seja pela amplitude dos atuais problemas relacionados ao meio ambiente ou pela exaustão do modelo clássico de análise da economia, o pressuposto de Georgescu-Roegan de que a ecologia e o meio ambiente são indissociáveis da teoria econômica é amplamente aceito pela comunidade acadêmica na atualidade (CECHIN, 2008; CECHIN; VEIGA, 2010).

⁸ Sua análise do desenvolvimento foi elaborada a partir do conceito de entropia, no qual em qualquer sistema fechado termodinâmico, na medida em que aumenta o seu grau de desordem (a entropia), não encontra possibilidade de inverter o grau de crescimento desta propriedade (GEORGESCU-ROEGAN, 2012).

Georgescu-Roegan é um dos raríssimos teóricos do desenvolvimento econômico a levar a sério a ideia – definida no período situado entre as duas guerras – principalmente por Lotka, Vernadsky, Teilhard de Chardin e Edouard Le Roy – de que o homem com a civilização industrial tornou-se um verdadeiro agente geológico, uma das mais poderosas forças do mundo vivo a operar nas transformações da face da Terra. (GRINEVALD; RENS, 2012, p. 23).

Entre as obras mais importantes de Georgescu-Roegan, destaca-se *La science économique: ses problèmes et ses difficultés* (1970) e *Energy and economic Myths* (1976). Cabe destacar que a International Society for Ecological Economics (1988) foi pioneira entre as instituições a reconhecer a importância dos trabalhos desse economista. Na essência de suas obras, fica evidente que o desenvolvimento econômico não é viável sem uma reestruturação e reorientação distinta do tradicional pensamento econômico capitalista baseado unicamente na reprodução do capital.

Para Viola e Leis (1992), o ambientalismo começou a ganhar força no Brasil na primeira metade da década de 1970 por meio de associações que realizaram campanhas de conscientização local e denúncias de agressão contra o meio ambiente, depois da participação brasileira na Conferência de Estocolmo em 1972. Por ocasião desse evento, participantes brasileiros estavam sendo coniventes com um modelo de desenvolvimento baseado na degradação ambiental do país desde que o resultado desse esforço fosse o aumento do Produto Nacional Bruto. Essa postura perdeu espaço após o primeiro choque do petróleo e com as redefinições de agenda nas políticas econômicas internacionais (ADÃO, 2009).

Celso Furtado (1974), em *O mito do desenvolvimento econômico*, criticava os economistas que se preocupavam apenas com o processo de acumulação de capital impulsionado pelo avanço tecnológico e o caráter predatório da civilização moderna. Não se pensava no resultado de uma expansão exponencial do estoque de capital no que diz respeito ao plano cultural da sociedade e menos ainda nos impactos oriundos desse crescimento sobre o meio físico, daí a importância dos estudos do Clube de Roma para fomentar uma nova abordagem quanto ao uso e exploração dos recursos naturais.

Furtado (1974) desaconselhava o Produto Interno Bruto como medida de bem-estar da população em função da concentração de renda que o indicador desconsidera, tanto nos países ditos periféricos como fora deles, pois "[...] vemos que a tendência

evolutiva predominante é no sentido de nove pessoas em dez dos principais benefícios do desenvolvimento e se observarmos em particular o conjunto dos países periféricos, aí a tendência é de excluir dezenove pessoas em vinte." (p. 86). Uma nova forma de desenvolvimento mais igualitário deveria democratizar as formas de consumo e reduzir o desperdício provocado pelos grupos privilegiados, o que poderia contribuir na redução da pressão sobre os recursos naturais.

O autor encerra a discussão sobre *O mito do desenvolvimento* concluindo que a extensão das formas de consumo dos países desenvolvidos é inviável e que "o estilo de vida criado pelo capitalismo industrial sempre será o privilégio de uma minoria" (FURTADO, 1974, p. 88). Diante disso, o custo da depredação é elevado e tentativas de generalizar essa forma de desenvolvimento levaria toda uma civilização ao colapso. O desenvolvimento igualitário nesse sentido não passa de um mito ou uma utopia.

2.3 ENERGIA, ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O historiador Fernand Braudel, colaborador da *Revista dos Annales*, em *Escritos sobre a História* (BRAUDEL, 2013), discute como interagem os diferentes ritmos históricos conhecidos como durações. Uma transformação social de grande impacto se baseia em processos de mudanças que variam em ritmo e seguem diferentes escalas de tempo histórico. Seguindo o pensamento do teórico e historiador francês, episódios marcantes como as grandes Guerras Mundiais, o *Crash* da Bolsa de 1929, o 11 de setembro de 2001, a Crise Financeira Internacional (2007-2009), os recentes episódios relacionados à prática do terrorismo, a imigração em massa de refugiados para a Europa (2015) e o resultado negativo de acidentes naturais, por exemplo, podem conduzir à mudança de curso que vão alterar de forma significativa o futuro da humanidade (LEGGEWIE; MESSNER, 2012).

Mudanças impactantes nem sempre são produto de ações intencionais, mas resultado de dinâmicas interligadas que ocorrem em diferentes escalas de tempo e criam um novo processo de transição para um caminho sem retorno ao estado anterior. Isso se dá de forma mais ou menos agravante e dependente do evento em

questão. Um clássico exemplo é a transição radical da passagem da economia agrária à economia industrial baseada no uso de combustíveis fósseis (LEGGEWIE; MESSNER, 2012).

O advento da eletricidade provocou um ciclo de mudanças com o surgimento de novas tecnologias que afetaram a estrutura social e econômica do século XIX (PINTO JUNIOR et al., 2007). Das atividades organizacionais ao lazer do cidadão comum, a eletricidade possibilitou que mais horas do dia pudessem ser aproveitadas para produzir, estudar e entreter. Indubitavelmente esse marco foi mais do que a introdução de uma nova tecnologia, mas um profundo processo de mudança social. Há pouco mais de cem anos foi descoberto que a energia elétrica e outras formas de energia, como o calor, a iluminação e a energia mecânica, podem se transformar com eficiência.

A energia é uma propriedade da matéria que se manifesta de diversas formas: energia mecânica (trabalho); energia térmica (calor); energia das ligações químicas (química); energia das ligações físicas (nuclear); energia elétrica e energia das radiações eletromagnéticas. (PINTO Junior et al., 2007, p. 4).

Uma definição usual de "energia" encontrada em Magalhães (1992) é a capacidade de realizar trabalho, envolvendo algum tipo de força mecânica ou força elétrica, associada a um deslocamento no espaço. Em Goldemberg (2010, p. 13) encontra-se a definição de energia como "a capacidade de produzir transformações num sistema. Essa capacidade pode envolver transformações mecânicas ou transformações físicas, químicas e biológicas". A energia pode se manifestar em forma de radiação, energia química, nuclear, térmica, mecânica, elétrica, magnética ou ainda na forma elástica.

Pode-se considerar a energia como produto intermediário na geração de bens e no consumo final e um referencial dos atuais padrões de vida da modernidade. Como estratégia de desenvolvimento econômico, a energia deve: "(a) satisfazer às necessidades humanas básicas, como saúde, habitação, educação, alimentação, etc.; (b) servir às atividades industriais que geram emprego e (c) sustentar as atividades agrícolas que produzem alimentos" (PINTO, 1990, p. 71).

No Brasil, para atender a demanda das residências, do comércio e na maior parte das indústrias, a eletricidade é gerada basicamente por centrais hidrelétricas. De acordo com Colacios (2009), na década de 1970 estavam em fase de construção e

finalização plantas hidráulicas em diversos pontos do território nacional, excepcionalmente nas regiões Sudoeste e Sul do país. Já nessa mesma época se criticava a dependência do ciclo hidrológico das hidrelétricas, sobretudo, com respeito à mudança no curso dos rios afetados pelas represas e barragens. A crise do "apagão" no final da década de 1990 mostrou a face desfavorável da dependência do uso da hidroeletricidade, para a qual a falta de planejamento do setor elétrico, somada a um ciclo de chuvas adverso, resultou em um ano de dissabores para a economia e transtornos para a população brasileira (PIRES; FERNANDEZ; BUENO, 2006).

A história da humanidade prova que a natureza tem um papel importante tanto no processo como na formação do valor econômico. Nesse sentido, Bermann (2001) propõe um modelo de sustentabilidade energética conforme ilustrado na Figura 1. Ao se considerar a linha tracejada como limite do sistema, para que o processo de produção seja sustentável, seria necessária uma fonte inesgotável de matéria-prima e energia como *input*, e como *output* um depósito infinito para armazenar os resíduos, o que tecnicamente é impossível com a tecnologia atualmente disponível.

O esquema proposto sugere a necessidade de mudanças no padrão de consumo, reutilização e reciclagem de modo que se possa diminuir a pressão sob a exploração dos recursos naturais. "[...] existe uma quantidade fixa de matéria no planeta que se transforma através de processos naturais ou pela ação do homem. Embora o planeta Terra seja um sistema fechado em relação à matéria, o mesmo não se pode dizer em relação à energia." (BERMANN, 2001, p. 14). Ademais, devem ser considerados os impactos éticos e políticos decorrentes da escassez de recursos minerais não renováveis como principal causa das desigualdades e tensões sociais entre nações e regiões.

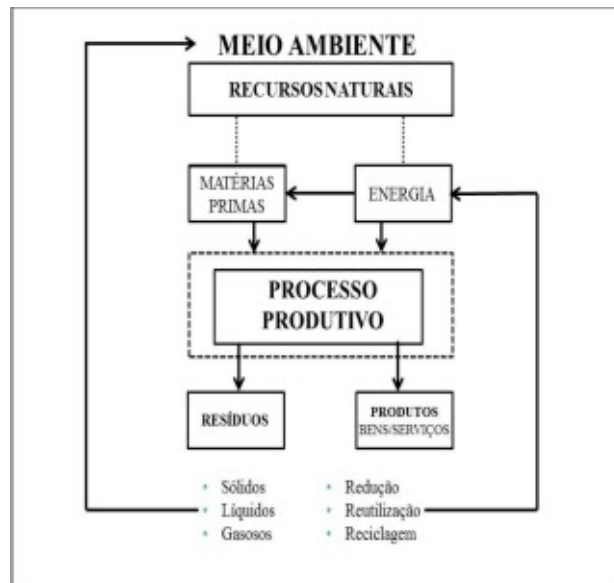


Figura 1 - A noção de sustentabilidade energética
 Fonte: Bermann (2001, p. 13).

No caso brasileiro, o desafio da sustentabilidade energética deve envolver o quadro das desigualdades de renda que são bem acentuados. Nas palavras de Grinevald e Rens (2012, p. 43), "o uso da natureza, de seu meio terrestre, levanta o problema da equidade, não só entre os indivíduos e as nações do mundo atual, mas também entre todas as gerações presentes e futuras". Ou, como visto em Burgenmeier (2005), o desenvolvimento deve eleger o uso de soluções sustentáveis para o sistema energético considerando a interface deste com as esferas social e ambiental.

Portanto, sustentar um modelo de desenvolvimento industrial indefinidamente invariável não faz sentido quando os recursos naturais envelhecem, degradam-se e/ou serão totalmente ou parcialmente exauridos, de forma que, em longo prazo, zerará seu potencial de utilização e contribuição para o progresso (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Em Colacios (2009), encontrou-se a mesma lógica quanto ao uso da energia e a necessidade de readequá-la do ponto de vista da maior eficiência, bem como investir na substituição das atuais fontes fósseis por fontes energéticas de baixo carbono.

Rampazzo (2002) critica que as estratégias de desenvolvimento desse século estão ancoradas no crescimento econômico de curto prazo e práticas econômicas predatórias. O mundo moderno não comporta mais essas práticas e exige um planejamento sob as perspectivas econômico-sociais, apoiado em um novo paradigma

que incorpore o patrimônio natural, minimize as desigualdades sociais e garanta o direito de cidadania a todos.

O modelo de desenvolvimento econômico adotado nos países pobres tem acentuado as desigualdades e as injustiças sociais e sob a perspectiva ambiental verifica-se que "os pobres destroem o seu próprio ambiente através do desmatamento, má utilização do solo e dirigindo-se em número cada vez maior para os centros urbanos já congestionados" (RAMPAZZO, 2002, p. 169). É um infortúnio que, na maioria dos países considerados de baixo desenvolvimento, um maior grau de expansão ainda ocorra as expensas do desgaste da natureza, cujo equilíbrio é frágil e limitado (RAMPAZZO, 2002).

Em Reis, Fadigas e Carvalho (2012, p. 28) verifica-se que o modelo de desenvolvimento que deveria ser adotado a partir do século XXI é dependente: (a) da composição das fontes de energia que serão utilizadas; (b) da eficiência das tecnologias de suprimento e uso final de energia e (c) da forma como a tecnologia será utilizada. Nesse sentido, Sachs (1993) propõe uma visão holística dos problemas da sociedade os quais organizou em cinco dimensões do ecodesenvolvimento: social, econômica, ecológica, espacial, e cultural.

No ano de 2002, Sachs ampliou o alcance da ideia de sustentabilidade para oito dimensões que devem ser levadas em conta em qualquer planejamento para o desenvolvimento econômico, incluindo-se as dimensões: ambiental, política nacional e política internacional (SACHS, 2002). O desenvolvimento vislumbrado por Sachs é um processo além do progresso, abarcando a dimensão histórica e cultural, com atores sociais proativos frente aos novos desafios.

Trata-se, sobretudo, de como a sociedade fará suas escolhas em um cenário onde não apenas a exaustão de recursos é um limite ao desenvolvimento, mas os efeitos negativos como o aquecimento global podem inviabilizar o atual modelo nos próximos decênios. Conforme exposto por Georgescu-Roegen (2012), a economia não pode abandonar as leis da entropia⁹ e da biologia, pois o desenvolvimento econômico está atrelado ao desenvolvimento humano, que é dependente da qualidade do território onde as atividades humanas se acomodam.

⁹ A entropia está relacionada à ordem e desordem em um sistema. É ela que caracteriza o grau de organização (ou desorganização) de um sistema físico qualquer. Quanto mais desordenado o sistema for, maior será sua entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Segundo Leite (2011), no que tange ao quadro energético brasileiro, o predomínio da energia oriunda das hidrelétricas e seu caráter renovável começou a ser questionado diante da crise de abastecimento em 2001 e dos recentes episódios de falta de chuva (2012-2014), que levaram o governo brasileiro a acionar as usinas termoelétricas. Se o objetivo nacional é elevar o padrão de vida das classes carentes, é concludente a ampliação do suprimento de energia elétrica, e a decisão passará pelo tipo de fonte mais viável econômica e ambientalmente.

Entre as alternativas oportunas do contexto nacional, a hidroeletricidade continua sendo a opção que oferece ao país grande potencial de aproveitamento dos recursos existentes, incluindo-se as Pequenas Centrais Hidrelétricas (BRASIL, 2015b; LEITE, 2011). Entretanto, a hidroeletricidade tem provocado controvérsias pelas externalidades negativas¹⁰ decorrentes. Esse mercado movimenta um considerável número de empresas que se organizam em consórcios que juntamente com o setor elétrico brasileiro, sob a gestão de instituições públicas, são responsáveis pela construção de grandes complexos hidrelétricos como Santo Antônio (3.150 MW) e Jirau (3.300 MW), ambas no rio Madeira, e mais recentemente Belo Monte (11.233 MW), no rio Xingu (BRASIL, 2014).

O planejamento nacional ainda é fortemente orientado na expansão da oferta por meio de implantação das hidroenergia. Por outro lado, a continuidade da expansão por essa fonte tem provocado um debate dominado por posições emocionais e ideológicas que não confrontam o ônus e os benefícios como em qualquer outra intervenção humana na natureza (LEITE, 2011).

2.4 AS DIMENSÕES DA ENERGIA: PERSPECTIVA AMBIENTAL, ECONÔMICA, SOCIAL E INSTITUCIONAL

As decisões relacionadas ao setor de energia tendem a refletir acentuadamente na economia nacional e regional. O setor elétrico articula-se fortemente com a indústria,

¹⁰ "A construção sequencial de PCHs em um mesmo rio pode causar impactos cumulativos até superiores aos de usinas de grande porte, no que se refere à alteração do fluxo desses rios e prejuízos a comunidades ribeirinhas." (EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL, 2010, p. 22).

o segmento de serviços, transporte, moradia, planejamento urbano, etc., e a história da energia comprova que as escolhas feitas no curso do desenvolvimento do setor elétrico mundial foram e ainda são balizadas por ocorrências políticas, fruto do embate econômico no qual o mercado mundial de energia está inserido (SILVA, 2006). As atividades do setor elétrico em todo o seu ciclo de geração, produção, distribuição e uso geram impactos negativos significativos sobre o meio ambiente, resultando em um grande desafio especialmente aos países em desenvolvimento.

2.4.1 Trabalhos de Tese Relacionados a essa Pesquisa (2000-2014)

A complexidade da questão energética exige o exercício de se compreender os problemas contemporâneos de forma sistêmica. O debate deve estar democraticamente aberto à revisão e à melhoria dos processos que sustentam as decisões de empreendimentos energéticos, que deveriam reunir os atores envolvidos para se discutir as propostas e encontrar o consenso (BERMANN, 2001).

O trabalho de Freitas (2011) analisou como as energias renováveis podem se inter-relacionar com as dimensões: ambiental, econômica e social. O período estudado foi entre 1980-2007 e à exceção da energia hidráulica, as demais fontes alternativas ainda têm baixa participação na matriz energética brasileira (quando comparadas com os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Essa transição para o uso de energias renováveis está ocorrendo por pressões de instituições internacionais, como a Organização das Nações Unidas, pioneira no debate sobre as mudanças climáticas no mundo e pela extensão da lógica de preservação do meio ambiente como a única solução viável para o planeta no longo prazo.

Como resultado da coleta de dados, Freitas (2011) verificou que o aumento da utilização de energias renováveis deve ocorrer em médio e longo prazo e, no caso brasileiro, o aumento da participação das energias renováveis se deve ao potencial hidráulico. Enquanto que no mundo o carvão mineral e o gás natural ocupam a segunda e terceira posições, respectivamente, no Brasil essas mesmas posições são ocupadas pela cana de açúcar e a energia hidráulica. Para o autor, o planejamento

energético evidencia a necessidade de se ampliar o parque gerador de energia por meio de projetos de expansão das hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas.

A pesquisa ainda discutiu que existe uma dependência em relação ao Estado por meio de políticas públicas para atingir melhores níveis de desenvolvimento, mas também é importante a implantação de um projeto que mude a mentalidade da população educando e promovendo a transformação cultural. O Programa *Luz para Todos* foi tratado como um avanço social para minimizar as desigualdades, contudo não se identificaram aumentos no nível de consumo *per capita* de energia. O não acesso à eletricidade está relacionado aos preços altos para a população de baixa renda e à qualidade em desacordo com o esperado pelos consumidores (FREITAS, 2011).

Para o autor, além de uma reestruturação tarifária que beneficiasse os agentes econômicos, o país ainda tem que administrar a fuga de energia e as ligações irregulares que custam caro e são repassadas ao consumidor final. Ademais, o Brasil enfrenta desafios na obtenção de um aporte tecnológico que apoie a expansão do setor de energia brasileiro no médio e no longo prazo. No caso das tecnologias em energias renováveis, ainda é preciso superar os altos custos de investimentos e fortalecer as instituições de apoio e fomento ao desenvolvimento tecnológico dessas fontes (FREITAS, 2011).

Na pesquisa de Raizer (2011) foi amplamente discutida a questão do surgimento, do desenvolvimento e da consolidação das energias alternativas no contexto atual, extrapolando a dimensão científico-tecnológica. Igualmente destaca-se o rompimento da fronteira de uma sociologia ortodoxa por meio do diálogo com áreas da economia, ciências políticas e teoria dos movimentos sociais. A transição energética para matrizes de baixo carbono acabará acontecendo na maior parte dos países no mundo, e esse processo deve ser apoiado pelas instituições que monitoram e fiscalizam essa atividade.

Um ponto de vista relevante nessa investigação foi a identificação de uma relação entre a desigualdade socioeconômica e o grau de desenvolvimento energético de cada país e das diferentes regiões. "A questão energética, não apenas se impõe como uma questão estratégica, mas antes uma questão de sobrevivência e coexistência possível" (RAIZER, 2011, p. 264). O desenvolvimento dos países pobres (ainda intensivos no uso de tecnologias, no qual foi baseado o desenvolvimento dos países ricos),

representa um risco às próprias populações, à biodiversidade nacional e a todas as demais regiões do planeta.

Raizer (2011) destaca a importância do aumento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias em energias alternativas, pois o Brasil enfrenta um *gap* tecnológico em relação aos países desenvolvidos. Esses investimentos devem atingir toda a cadeia produtiva que parte das pesquisas em laboratórios até a construção de novas plantas de energia limpa. As escolhas energéticas feitas no passado e no presente criam dinâmicas que afetam de forma significativa o meio ambiente e a organização quase que de forma permanente. Cabe à sociologia, conforme proposto pelo autor, mostrar a relação que está intrínseca na interação homem-meio no uso da energia e analisar as determinações e fatores que influenciam essa relação ao longo do tempo e das diferentes sociedades globais.

Raizer (2011) propõe um estudo empírico sobre a situação do desenvolvimento energético e seus desafios atuais, comparando cenários energéticos no Brasil e no Canadá. Entre as suas principais conclusões, verificou-se a importância do papel das instituições internacionais, dos governos, das empresas, dos laboratórios e da sociedade civil na constituição de uma rede sócio-técnica, que são agentes-chave no desenvolvimento nacional e internacional das energias alternativas.

No trabalho de Oliveira (2012), é enfatizada a importância das políticas regionais na configuração dos arranjos institucionais locais e os contextos históricos, socioeconômicos e ambientais nos quais as instituições ambientais estão inseridas.

Entre as principais conclusões desse estudo, verificou-se que as instituições ambientais no Brasil foram impostas de modo exógeno ou importadas dos países desenvolvidos. A questão da sustentabilidade depende de uma mudança profunda nas estruturas sociais para se alterar o comportamento das pessoas em relação ao meio ambiente, contudo esse processo é gradual e lento (OLIVEIRA, 2012).

Outro aspecto relevante abordado pelo autor, diz respeito à compreensão das especificidades do processo de desenvolvimento regional brasileiro e das propostas de sustentabilidade ambiental, que exigiu uma análise histórica da formação do Estado (OLIVEIRA, 2012). A estrutura burocrática e institucional reflete as características da formação cultural da sociedade brasileira, cujo processo ocorreu de forma patrimonialista e marcado pela forte presença de valores familiares.

Uma das consequências dessa relação entre Estado e grupos regionais é o desencontro entre o planejamento estatal e as políticas sociais e ambientais. Isso resulta numa incapacidade do Estado em executar políticas de forma mais coordenada, pois a sua estrutura interna é fragmentada e encoraja soluções personalísticas (OLIVEIRA, 2012). O sucesso das políticas ambientais depende da forma como elas serão incorporadas pela cultura local, uma vez que a adoção de padrões ambientais desconectados de valores e costumes locais faz com que a sociedade assuma uma posição ambígua em relação ao meio ambiente.

A contribuição de Andrade (2012) sobre as questões ambientais relativas ao processo de alteração de fatores climáticos que influenciam na vazão dos rios brasileiros surge recentemente. Como principal conclusão de sua pesquisa, o autor afirma que as mudanças climáticas globais "aumentam as vulnerabilidades e as incertezas na gestão de empreendimentos econômicos em geral, podendo alterar sua trajetória de desenvolvimento" (p. 180).

A Companhia Hidroelétrica do São Francisco foi tomada como objeto de estudo e verificou-se que o impacto do aquecimento global sobre o clima brasileiro aumenta o risco ambiental para essa empresa, cuja principal fonte de receitas é a hidroeletricidade. Nos diferentes cenários previstos até 2050, ficou evidente que a companhia "precisará investir em tecnologias inovadoras para se adaptar aos impactos negativos que as mudanças climáticas devem provocar sobre os recursos hídricos nas empresas de geração hidrelétrica" (ANDRADE, 2012, p. 187).

Outra constatação de Andrade (2012) foi a identificação de futuros potenciais *déficits* hídricos para o Brasil, e que o aumento da temperatura é um fator que pode piorar as condições climáticas no século XXI. O autor ressalta que pode ocorrer comprometimento da segurança energética "além de romper o frágil equilíbrio social e ambiental da região Nordeste, onde as usinas da Companhia Hidroelétrica do São Francisco estão localizadas e que respondem por 15,1% da potência instalada do Brasil" (p. 182-183). Investimentos em um novo *mix* de fontes energéticas podem ajudar a superar a estagnação do parque gerador nacional.

Nas conclusões do trabalho de Coehn (2002) se observou que historicamente foi construído um universo econômico com base nos preceitos da mecânica pura. Os padrões de consumo das sociedades modernas são pressionados pela publicidade,

gerando a criação permanente de desejos que obscurece as reais necessidades dos consumidores. Tais necessidades se transformam num desejo de especular sem limites.

Percebe-se que ocorre uma confiança de que soluções tecnológicas trarão a saída efetiva para os desafios deste século, contudo é desconsiderado que o excesso de tecnologia gera como resultado a contraproduktividade. Foram resgatadas as críticas de Heidegger (2007) sobre o efeito "estupefaciente" da técnica sobre o homem, resultando em uma perversa inversão de prioridades na concepção de mundo. As opções de desenvolvimento que envolve custos e mudanças de estilos de vida com consequentes alterações nos padrões de consumo são árduas, e a sociedade vai percorrer um longo caminho até que se chegue a uma solução de equilíbrio (COHEN, 2002).

O que na verdade está ocorrendo no Brasil e nos países em desenvolvimento, para Cohen (2002) é a ocorrência de um modelo energético-intensivo sem imposição de limites. O aumento da intensidade energética¹¹ está relacionado à necessidade de importar bens de capital para competir no mercado internacional, o que compromete a deterioração dos termos de troca.¹²

O estudo de Silva (2006) destacou aspectos relacionados à formatação de políticas destinadas a dar suporte à tecnologia eólico-elétrica. Na seção complementaridade com o regime hídrico (item 4.3), são tratados estudos que comprovam a existência de uma significativa complementaridade entre os regimes hidráulicos e de ventos.¹³

O parque hidrelétrico brasileiro é dependente de ciclos hidrológicos favoráveis, mas por outro lado há pressão dos órgãos ambientais pela não construção de usinas com grande capacidade de armazenamento de águas da chuva. A tecnologia eólico-elétrica demonstra ter um elevado potencial de desenvolvimento, entretanto os seus altos custos aliados às condições estruturais do mercado brasileiro de energia

¹¹ A intensidade do consumo energético está relacionada, explicitamente, à renda dos países ao longo do tempo, acompanhando uma correspondente evolução tecnológica e do consumo de bens e serviços e tem sido um parâmetro significativo da distinção entre ricos e pobres, desenvolvidos e subdesenvolvidos – resguardadas as nuances relativas às preocupações ambientais (SAUER, 2002b, p. 157).

¹² Países em desenvolvimento como o Brasil, cuja economia é dotada de expressivos recursos naturais e acentuadas disparidades sociais, são os que mais perderão no jogo da globalização. Não dispõem de alta capacidade de autofinanciamento, as taxas de poupança e investimento em relação ao PIB são baixas e têm por forte característica a alta concentração de renda. Diante disso, a única alternativa é o fortalecimento do mercado interno e a revisão dos parâmetros de intensidade energética (COHEN, 2002).

¹³ O estudo é desenvolvido considerando o espaço geográfico brasileiro.

elétrica se mostram como barreiras para competir com outras tecnologias convencionais de geração elétrica (SILVA, 2006).

Outra constatação é que se faz urgente criar um ambiente político-institucional que suporte a tecnologia eólio-elétrica, como o programa Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica¹⁴, especialmente quando o governo lança mão de usinas térmicas em épocas de pouca chuva. Os maiores mananciais de vento no Brasil se encontram em áreas carentes do país. A difusão da tecnologia eólio-elétrica nessas regiões poderá fomentar o desenvolvimento regional, além de contribuir para a geração de emprego e renda (SILVA, 2006).

A proposição da pesquisa de Sieben (2012) foi estudar o processo de desterritorialização da comunidade de Palmatuba em Babuçulândia, estado do Tocantins, em favor da construção da Usina Hidrelétrica de Estreito. Sieben concentrou-se em explorar a dimensão social, pois o foco das análises foi avaliar os impactos e os efeitos ambientais e sociais causados pela construção da usina hidrelétrica de Estreito, que entrou em operação no ano de 2011. Nota-se que o setor elétrico tem como preocupação primária resolver os problemas dos empreendimentos nos quais o ônus da hidroeletricidade acabe recaindo sobre os desterritorializados e os consumidores.

A desterritorialização é um processo que já ocorreu anteriormente junto às comunidades afrosdescendentes e indígenas, entretanto vale observar que os grupos atingidos deveriam ser acompanhados de uma política à parte da suposta compensação financeira. A modernização e o progresso com a construção desses empreendimentos têm como contrapartida o custo da desterritorialização que afeta o modo de vida particular das pessoas que sofrem a perda de seu senso de espaço e território, o que só pode ser entendido sob a ótica dos próprios grupos (SIEBEN, 2012).

A pesquisa revelou que "a relação social, econômica e ambiental era adequada ao ambiente da comunidade de Palmatuba com os bens naturais" (SIEBEN, 2012, p. 182), porém a construção da usina desconstruiu toda uma tradição e um modo de vida. O sentimento da maior parte dos membros dessa comunidade era de conformismo e aceitação, e os moradores internalizaram a possibilidade de melhoria das condições

¹⁴ O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), conforme descrito no Decreto n.º 5.025, de 2004, foi instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólicas, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (BRASIL, 2015a).

de vida com a mudança para a cidade, o que se mostrou frustrante ao se depararem com uma nova realidade para a qual não estavam preparados (SIEBEN, 2012).

Simioni (2006) analisou os fatores que impedem a difusão em grande escala das energias renováveis no Brasil. O principal entrave em se fixar uma agenda pautada na lógica da sustentabilidade é a alta remuneração na geração de energia com a utilização de combustíveis fósseis, especialmente o petróleo, que ainda se mostra a fonte mais favorável aos investidores (SIMIONI, 2006).

Ademais, os governos federal, estadual e o setor privado não acreditam na difusão em larga escala das energias renováveis, condicionando o planejamento à lógica produtivista na qual a energia é tratada como *commodity*, descartando-se a possibilidade de um planejamento conjunto entre várias fontes. Igualmente não se preparam os agentes para planejar a matriz energética a partir de novos referenciais, e os obstáculos políticos também se mostram como uma barreira significativa na aceitação de tecnologias renováveis (SIMIONI, 2006).

A conscientização dos problemas socioambientais pode ser uma meta a ser apregoada pela educação e por setores do poder público, por meio de um planejamento que incorpore referenciais desse tema. O planejamento energético brasileiro continua estruturado no modelo produtivista, aumento constante de geração, grandes empreendimentos e uma matriz energética pouco diversificada. Simioni (2006) expõe a necessária mudança nos currículos universitários, a relevância das políticas públicas e os incentivos como agentes motores da promoção da difusão do uso das energias renováveis.

Kalinowski (2011) estudou os processos de exploração econômica da região do Ribeira do Iguape com a finalidade de contextualizar e compreender os efeitos socioambientais, decorrentes da produção de hidroeletricidade e sua conexão com a exploração e industrialização de eletrointensivos.

Nas principais considerações, Kalinowski (2011) constatou que a região do estudo sofre com a falta de regularização fundiária, gerando conflitos devido à atuação crescente das indústrias de mineração e à possibilidade de implantação de novas hidrelétricas nessa área. Ademais, esta região demanda programas e projetos que visem ao desenvolvimento social e a preservação ecológica que proponham um modelo de desenvolvimento econômico mais amplo.

As indústrias de mineração e de processamento de minérios são os grandes consumidores de energia da região do Ribeira do Iguape e desse modo são os maiores responsáveis "pelo desmatamento, poluição atmosférica, erosão e assoreamento dos rios, depósitos de rejeitos, ruídos e explosões" (KALINOWSKI, 2011, p. 353). O deslocamento de moradores de suas terras, a contaminação do solo, da água e a saúde das pessoas daquela comunidade, prejudicada, foram fatores observados pelo funcionamento da usina hidrelétrica. Tudo isso ocorreu de forma intensa. Adicionalmente, verificou-se que a renovação da licença de operação dessa hidrelétrica foi concedida pelo órgão ambiental do Paraná, reforçando o caráter corporativista das ações dos grupos empresariais locais (KALINOWSKI, 2011).

A pesquisa de Vasconcellos Filho (2006, p. 259) evidenciou "[...] a reconhecida falta de influência dos processos de AIA com relação à fase de formulação e seleção de alternativas associada à gênese dos projetos, as escolhas iniciais que direcionam os estudos de viabilidade e a própria decisão de empreender". Nos resultados ratificou-se que muitos empreendedores se valem da legislação ambiental em *prol* da viabilização de seus projetos, não obstante ocorram resistências que normalmente surgem durante o processo de avaliação de impactos socioambientais (VASCONCELLOS FILHO, 2006).

O Estado tem sido excessivamente cauteloso na posição de Licenciador face ao Estado Empreendedor. Os estudos ambientais prévios, conforme disposto na Constituição Federal de 1998, "são realizados de forma não tão prévia" (VASCONCELLOS FILHO, 2006, p. 262). Essa posição pode estar relacionada com a limitação das equipes técnicas disponíveis pelos órgãos ambientais competentes ou a inexistência de restrições legais quanto aos prazos de conclusão dos pareceres técnicos necessários.

Foram estudados três grandes empreendimentos de infraestrutura e confirmou-se a hipótese do "reducionismo, das manipulações e do comprometimento do alcance da AIA refletidos na condução dos respectivos processos decisórios" (VASCONCELLOS FILHO, 2006, p. 263). As decisões de empreender e aquelas de caráter estratégico não se sujeitam à Avaliação de Impactos Ambientais, evidenciando a manipulação das avaliações prévias e a concessão das licenças ambientais com objetivos e direcionamentos diversos, comprometendo resultados e o alcance pretendido com a Avaliação de Impactos Ambientais.

Santos (2010) analisou os impactos regionais da política tarifária do setor elétrico, utilizando os métodos de análise da Ciência Regional. Como condição primária, verificou-se que as regiões mais ricas e industrializadas obtêm maiores ganhos para produtores e consumidores. Ocorreu o aumento relativo no preço da energia elétrica, levando-se em consideração as características específicas de cada região e a diferença entre oferta de energia no espaço (SANTOS, 2010).

A concentração econômica na região Centro-Sul é responsável por gerar desequilíbrios na oferta, e, regiões com maiores mercados de energia elétrica começam a apresentar menores tarifas em função da transferência de ganhos de produtividade dos consumidores finais (SANTOS, 2010).

Com o uso de uma ferramenta matemática, Santos (2010) propôs simulações hipotéticas considerando um choque de 1% no preço da energia, e, posteriormente, a manutenção dos preços durante o período de reestruturação do setor elétrico.¹⁵ O que se concluiu *a priori* é que em termos macroeconômicos, um choque de 1% no preço da energia causou impactos negativos sobre a renda e o nível de bem-estar da economia. O setor de energia elétrica e aqueles intensivos nessa fonte foram os mais penalizados, comprovando que a evolução espacial das tarifas pode ocasionar impactos macroeconômicos perversos e contribui para o aprofundamento das desigualdades regionais (SANTOS, 2010).

O trabalho de Kamogawa (2008) abordou o tema "crescimento econômico, consumo de energia e a qualidade ambiental" por meio de modelagens intergeracionais sob a luz da hipótese EKC.¹⁶ A ideia foi propor uma modelagem teórica mais consistente para a relação consumo de energia, qualidade ambiental e crescimento econômico. O estudo dessa relação é explicado por três motivos: (i) importância da energia para o crescimento econômico; (ii) externalidades negativas geradas pelo seu uso e a (iii) possibilidade de exaustão (econômica e física) das reservas (KAMOGAWA, 2008).

A relação entre energia e o crescimento econômico tem sido objeto de estudos tanto no meio acadêmico como no político, especialmente a partir da década de 1990 com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e

¹⁵ Outros ensaios foram descritos na tese, contudo, não cabe discuti-los por se tratarem de questões matemáticas complexas e exaustivas.

¹⁶ Os estudos pioneiros nos conceitos da EKC são os desenvolvidos por Shafik e Bandyopadhyay (1992), Banco Mundial (1992), Grossman e Krueger (1993) e Selden e Song (1994).

Desenvolvimento ECO 92.¹⁷ Estudos da década de 1990 comprovaram empiricamente a existência de uma relação entre o crescimento econômico e a qualidade ambiental semelhante à curva de Kuznets.¹⁸ No Brasil, verificou-se que o consumo de energia e o processo de crescimento econômico são positivamente correlacionados, conforme conclusões de Kamogawa (2008, p. 71-73) na sequência sintetizadas:

1. Efetivamente, não existe um mecanismo natural para a redução das emissões. O *turning-point* da curva do tipo EKC só ocorre pela pressão popular e pela implantação de políticas eficientes de internalização econômica das externalidades negativas das emissões.
2. No lado das preferências da população, destaca-se a dicotomia entre crescimento econômico e manutenção da qualidade de vida e sustentabilidade ambiental.
3. Esperar o ponto de equilíbrio entre os benefícios, custos das emissões e depois as medidas regulatórias cabíveis podem ser processos demorados e incompatíveis com a velocidade das mudanças ambientais.
4. Pela derivação dos resultados do modelo do estudo, o desenvolvimento tecnológico, especialmente aqueles menos intensivos em energia, é um caminho na garantia do crescimento econômico sem interferir na qualidade ambiental. A tecnologia gera, entre outros efeitos, o aumento da eficiência.
5. Existe a possibilidade de substituições de fontes de energia, contudo, deve-se considerar uma possível troca de externalidades negativas, além da possibilidade de ocorrer escassez dessas fontes.

Com base nos conteúdos dos 11 (onze) trabalhos brasileiros anteriormente referenciados no Quadro 1, nota-se que a dimensão ambiental, econômica e social apareceu em 8 (ou 72%) dos trabalhos relacionados. Esse resultado mostra que, apesar do aparente antagonismo entre as dimensões da energia, estas são objeto de

¹⁷ Conferência conhecida pelas siglas Rio-92 ou Eco-92 foi um megaevento realizado em junho de 1992 no Rio de Janeiro, Brasil. Houve o consenso de que é imperativo agregar os componentes econômicos, ambientais e sociais para garantir a sustentabilidade do desenvolvimento. Ficou acordado que os países em desenvolvimento deveriam receber apoio financeiro e tecnológico para alcançarem um modelo de desenvolvimento sustentável.

¹⁸ Relação entre PIB *per capita* e emissão de poluentes toma a forma de um U-invertido, denominada na literatura como Curva Ambiental de Kuznets [CAK] (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2003).

preocupação da academia e se traduzem em objeto de pesquisa nos principais programas de planejamento energético no país.

Na dimensão ambiental, a sustentabilidade foi analisada associadamente a questões dos impactos negativos das mudanças climáticas, estilos de vida com baixa intensidade energética, a pressão exercida pelos órgãos ambientais na concessão de licenças, a importância do fortalecimento das energias renováveis na matriz energética brasileira, a possibilidade de exaustão física das reservas hídricas, a extensão da lógica da preservação do meio ambiente e a dependência da energia hidráulica no caso brasileiro. Esta dimensão apareceu em 8 (ou 72%) dos trabalhos de tese tomados como referência.

Na dimensão econômica, foram tratados temas como os altos investimentos exigidos para projetos de hidrelétricas, a contínua alta remuneração da energia oriunda dos combustíveis fósseis, o atual modelo energo-intensivo adotado nos países em desenvolvimento, os impactos regionais da política tarifária do setor elétrico, a real possibilidade de exaustão econômica das reservas hídricas, a desigualdade socioeconômica, a influência da tecnologia para o aumento da eficiência, os parâmetros de intensidade energética e o aumento dos riscos econômicos para as empresas geradoras pelos impactos negativos das mudanças climáticas globais. O preço das tarifas de energia elétrica aparece frequentemente em estudos relacionados à hidroenergia, visto que se trata de um ponto não equacionado e atualmente muito criticado pelos agentes econômicos. A dimensão econômica apareceu em 8 (ou 72%) dos trabalhos analisados.

Na dimensão social, os trabalhos discutiram como as hidrelétricas afetam as populações atingidas e mostram as populações ribeirinhas e os indígenas como os grupos mais afetados por essas obras. Os pontos recorrentes são a perda do patrimônio cultural, a desterritorialização¹⁹, a concentração urbana próxima aos empreendimentos hidrelétricos, a manipulação da opinião pública, a alteração das estruturas sociais locais existentes, o rompimento do equilíbrio social e ambiental e a necessidade da constituição de uma rede sócio-técnica. Essa dimensão apareceu em 8 (ou 72%)

¹⁹ Refere-se ao processo de abandono do território "[...] manifesta-se tanto na esfera da economia como na política e cultura - [...] significa dissolver ou deslocar o espaço e o tempo acentuando e generalizando as condições de solidão" (CRUZ; SILVA, 2010).

dos trabalhos de tese tomados como referência. O *tradeoff* é inevitável, contudo é evidente a ausência de políticas públicas que auxiliem e de fato apoiem esses grupos.

A dimensão institucional apareceu em 3 (ou 27%) dos trabalhos relacionados e manifesta a importância das instituições na implementação da mudança da matriz energética brasileira. As instituições geralmente apareceram como pouco efetivas, priorizam os interesses empresariais, demandam amadurecimento, contudo o setor elétrico é dependente destas para obter avanços em suas políticas e marcos regulatórios. Os principais temas que foram tratados na dimensão institucional referem-se ao fortalecimento das instituições de apoio e fomento ao desenvolvimento tecnológico, o modo como as instituições ambientais foram impostas exogenamente, as discrepâncias entre o planejamento Estatal e as políticas sociais e ambientais, a atual estrutura burocrática e institucional, o ambiente político institucional, o corporativismo das ações empresariais, as medidas regulatórias do setor elétrico e a influência das políticas regionais na constituição de arranjos institucionais.

A leitura desses trabalhos, além de ajudar na construção do modelo teórico, possibilitou a seleção dos critérios do nível 1, subcritérios do nível dois e primeira aproximação com as variáveis do nível 3. Essa fase da pesquisa foi determinante para apoiar a construção dos instrumentos de coleta de dados dessa tese, validados posteriormente pelo Método Delphi e submetidos ao processo de hierarquização ou atribuição de pesos relativos.

A dimensão ambiental tratou como critérios do nível 1 os aspectos relacionados aos impactos ambientais e a segurança energética. Tais temas estão fortemente vinculados à lógica da preservação do meio ambiente e a exigência de novos parâmetros de comportamento dos agentes econômicos frente ao atual modo de produção que exige cautela no uso dos recursos naturais. Nessa perspectiva, como subcritérios do nível 2 os impactos ambientais e a segurança energética podem afetar sensivelmente a ocorrência de riscos de fornecimento de energia elétrica, mudanças na qualidade ambiental, e, no longo prazo, os efeitos das emissões de CO₂ podem ameaçar a continuidade da expansão de fonte hídrica. As alternativas aparecem no terceiro e último nível do Quadro 9.²⁰

²⁰ Capítulo 4 da Metodologia.

A dimensão econômica tratou como critérios do nível 1 os aspectos relacionados à viabilidade econômica dos projetos, os custos da energia e o potencial hidrelétrico existente. Entre os autores referenciados, as decisões em política energética ainda são marcadamente de caráter econômico, visam objetivos de curto prazo e são parciais no que tange aos aspectos socioambientais. Nos subcritérios do nível 2, foram abordados a relevância da rentabilidade dos projetos em hidroenergia, a estrutura dos custos físicos e o custo de oportunidade, além do aspectos dos empreendimentos hidrelétricos em termos de potencial. As variáveis aparecem relacionadas no nível 3 do Quadro 9.

A dimensão social tratou como critérios do nível 1 os aspectos relacionados à geração de renda, o acesso à energia e à desterritorialização. Como subcritérios foram estabelecidas as relações entre: renda e postos de trabalho; acesso à energia e consumo *per capita* e à desterritorialização à luz do deslocamento das populações, destruição do patrimônio cultural e o processo de geração de subpolíticas. As respectivas variáveis estão relacionadas no nível 3 do Quadro 9. Cabe destacar que, na dimensão social, encontram-se aspectos qualitativos expressivamente relevantes e que envolvem efeitos nem sempre mensuráveis e/ou tangíveis que podem ser determinantes na tomada de decisão em escolhas de fontes de energia.

A dimensão institucional, tal como propõe Douglas North, estabeleceu como critérios do nível 1 a relevância do Papel do Estado, da Política Energética e da Política Ambiental. Os subcritérios foram definidos com base no papel das políticas públicas, a viabilidade jurídica dos empreendimentos hidrelétricos, a regulação da ANEEL, a geração de recursos hídricos e a reorientação espacial ou geográfica das hidrelétricas. As variáveis do nível 3 da dimensão institucional envolvem aspectos teoricamente relevantes que abrangem interesses contraditórios entre os agentes envolvidos.

Com base no Quadro 9 foi possível a construção do Modelo Teórico proposto nessa pesquisa e mostrado na Figura 2. Para validação dessa estrutura será aplicada a Técnica Delphi e a Metodologia Análise Hierárquica de Processo (AHP) junto a um grupo de especialistas em hidroenergia, que atuam no Estado do Paraná. Observe-se que as referências utilizadas nessa proposta não esgotam o tema, visto que, para projetos dessa natureza, existem especificidades regionais, políticas, institucionais, econômicas entre outras.

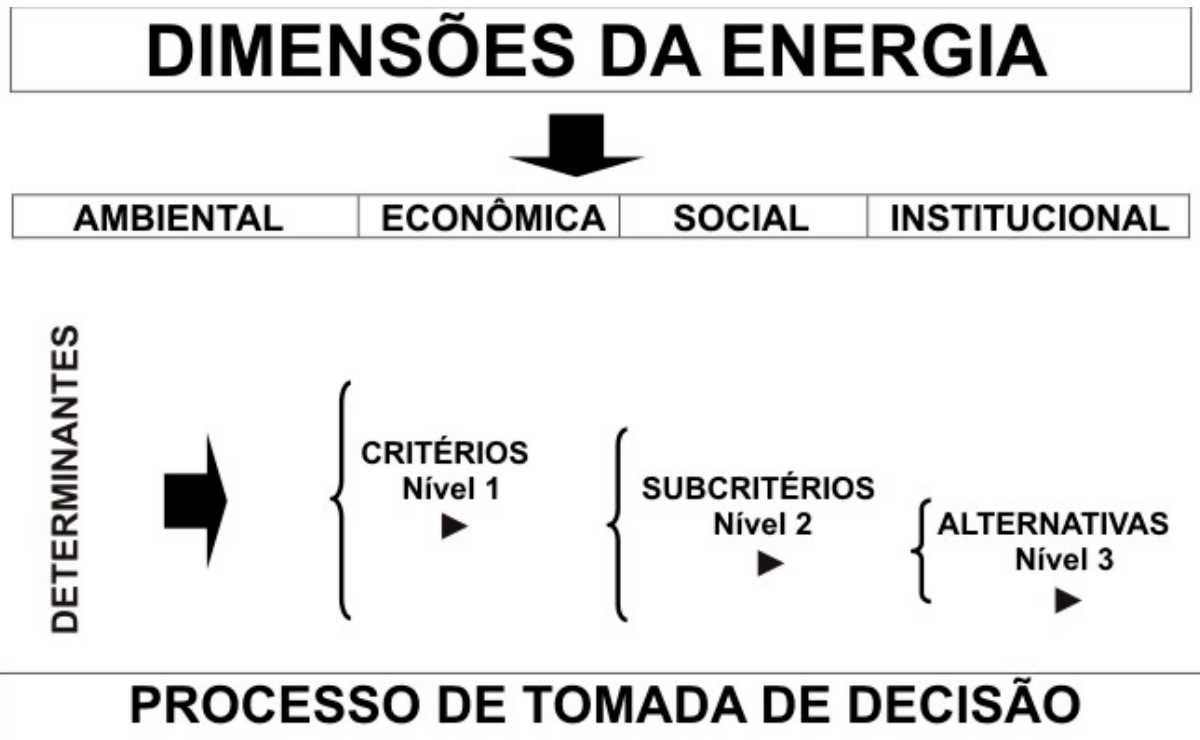


Figura 2 - Modelo Teórico
Fonte: A autora (2015).

3 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E O PARANAENSE

O compromisso das instituições ligadas ao setor elétrico brasileiro é garantir a segurança do suprimento de energia elétrica, promover a inserção social, e encontrar uma solução para o problema da modicidade tarifária e de preços. Este capítulo apresenta uma retrospectiva da construção do setor elétrico brasileiro, apresentando a sua organização, identificando os principais marcos regulatórios, e uma breve descrição da atual trajetória da política energética nacional.

3.1 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO EM UM CONTEXTO HISTÓRICO: ESTRUTURA E ATUALIDADES

A estruturação do setor elétrico brasileiro não foi muito diferente do que ocorreu em grande parte dos outros países no mundo. Essa seção objetiva estabelecer um contexto histórico, bem como sua estrutura de funcionamento e traz algumas informações atuais consolidadas até o encerramento do ano de 2014.

3.1.1 Contexto Histórico

O contexto sociopolítico de inserção das primeiras tecnologias baseadas em fontes hidroenergéticas nacionais remonta o segundo império, período no qual a importação de maquinários para a inserção na indústria encontrou a economia favorável do ciclo cafeeicultor (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2016). A partir de 1879, Dom Pedro II concedeu a Thomas Alva Edison a introdução de máquinas de corrente contínua para a iluminação pública e aparelhos de pequeno porte em processos pouco complexos de maquinofatura por meio da empresa General Electric (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2016).

Na pretensão de se nivelar às economias em desenvolvimento, como era o caso dos Estados Unidos da América e a Europa, o Brasil estimulou o uso das aplicações iniciais da energia elétrica, a partir de 1879, para iluminação pública e doméstica (CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 2014). Em 1883, o primeiro aproveitamento hidroenergético entra em operação para a mineração em Santa Maria, Diamantina, nomeada Ribeirão do Inferno. Em 1889, a primeira Usina Hidrelétrica intitulada Marmelos-Zero, da Companhia Mineira de Eletricidade, entra em operação para atender o complexo industrial Bernardo Mascarenhas em Juiz de Fora, Minas Gerais, com 250 KW (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2016; TOLMASQUIM, 2005; NOWAKOWSKI, 2015).

Note-se que foram grupos privados estrangeiros que inicialmente exploraram os serviços de eletricidade no Rio de Janeiro e São Paulo. Por outro lado, esses investidores não fizeram os aportes de capital necessários para expandir o fornecimento de eletricidade e no início do século XXI, as duas principais cidades brasileiras da época já sofriam os efeitos de interrupções, racionamentos e a carência de eletricidade, além das altas tarifas cobradas por esse serviço (CHUAHY; VICTER, 2002).

Em 1930, o Brasil contava com uma potência de 779 MW instalada, caracterizada pela presença de 630 MW em hidrelétricas e 149 MW em termoelétricas. A Revolução de 1930 marcou a modernização do país e foi referência para formação do modelo tradicional de atuação do setor elétrico nacional. O *Código de Águas* foi decretado em 1934 e impôs a nacionalização progressiva de todas as fontes de energia hidráulica existente e julgadas básicas ou essenciais à defesa econômica, militar e ambiental, possibilitando um controle mais rigoroso sobre as concessionárias atuantes nacionalmente (CHUAHY; VICTER, 2002). Em decorrência do início da II Guerra mundial, uma crise de suprimento de eletricidade ocorreu resultante da falta de investimentos do capital privado e em 1939, o governo criou o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, cuja preocupação inicial foi coordenar uma política de racionamento, organização e o desenvolvimento de uma política nacional de energia elétrica (TOLMASQUIM; OLIVEIRA; CAMPOS, 2002).

O governo federal começou a atuar fortemente no setor elétrico brasileiro em 1945, por meio da criação da Companhia Hidrelétrica de São Francisco, uma sociedade de economia mista que entrou em funcionamento em 1949 (CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 2014). Além disso, foram desenvolvidas iniciativas

para equacionar a expansão do parque gerador brasileiro, destacando-se os principais projetos de lei que foram encaminhadas ao Congresso Nacional à época: (1) a instituição do Imposto Único Sobre Energia Elétrica (IUEE) previsto no artigo 15 da Constituição de 1946; (2) a criação do Fundo Federal de Eletrificação (FFE); a regulação da distribuição e aplicação das parcelas do imposto arrecadado que deveriam ser direcionados aos estados, Distrito Federal e aos municípios; (3) a instituição do Plano Nacional de Eletrificação e (4) a constituição da empresa Central Elétrica Brasileira S.A (MONTEIRO; SANTOS, 2010).

Ao final da Era Vargas, iniciou-se efetivamente a fase de planejamento de grandes obras de infraestrutura. O Estado assumiu uma posição empreendedora o que, segundo Bursztyn (1990), reforçou o viés político e econômico das decisões públicas. Nesse momento, a política energética voltou-se ao setor elétrico para garantir o desenvolvimento industrial e o atendimento à população objetivando diminuir as interrupções do serviço. Para garantir a oferta de energia elétrica, Getúlio Vargas defendia a participação do Estado na produção, observando a importância de mecanismos de financiamento e a criação de um Ministério de Minas e Energia, com a responsabilidade de realizar o planejamento das necessidades do setor elétrico no horizonte de longo prazo (CHUAHY; VICTER, 2002).

A evolução do setor elétrico brasileiro no período entre 1945 e 1962 foi marcada pelo momento político e econômico do término da II Guerra mundial. Ao final de 1945, a economia mundial retomou o crescimento e os investimentos e, no Brasil, ocorria o fim da ditadura do Governo Vargas, que apontava para reformas estruturais importantes no Estado (MARTINS, 2009). Evidencia-se que as empresas privadas não teriam as condições necessárias para suprir a demanda de energia das indústrias emergentes e a intervenção estatal no setor elétrico foi inevitável.

O governo de Juscelino Kubitschek foi caracterizado pelo desenvolvimentismo e planejamento estatal expresso no Plano de Metas por meio da ampliação da infraestrutura – em especial, o aumento da geração de energia elétrica, que receberia 30% do total dos investimentos previstos. Essa política objetivava atrair investidores estrangeiros ao país. Em 28 de maio de 1957, foi assinado o Decreto Federal n.º 41.066, que visava a criação da Central Elétrica de Furnas (BURSZTYN, 1990).

Note-se que a década de 1960 foi marcada por um intenso processo de estatização do setor elétrico e também foi o ano de criação do Ministério das Minas e Energia. Em abril de 1961, foi aprovada a constituição das Centrais Elétricas Brasileiras S.A., uma *holding* de empresas do porte da Companhia Hidrelétrica do São Francisco e da Central Elétrica de Furnas, sendo-lhes transferidas as atribuições de financiamento do setor elétrico e à gestão do Fundo Federal de Eletrificação. Nesse mesmo ano, durante o governo de Jânio Quadros, finalmente foi regulamentada a criação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A., cuja aprovação ocorreu num contexto entre inúmeras interferências de pressões das forças antinacionais (CHUAHY; VICTER, 2002).

Estrategicamente, o governo brasileiro adquiriu a totalidade das ações da LIGHT, passando todas as concessionárias do setor de energia elétrica a serem constituídas por 100% de capital nacional. Esse modelo de expansão do setor, durante a década de 1970, viabilizou investimentos advindos de recursos externos. Ao longo da década de 1980, esse padrão começou a apresentar deficiências quando as empresas estatais foram usadas como instrumento para captação de financiamentos externos e política macroeconômica de combate à inflação. Nesse sentido, "[...] o resultado do descaso governamental quanto ao setor elétrico foi a redução da rentabilidade e conseqüentemente dos recursos próprios para investimentos e o aumento do endividamento a custos exorbitantes" (TOLMASQUIM; OLIVEIRA; CAMPOS, 2002, p. 48).

Os expressivos investimentos em obras para construção de hidrelétricas no início da década de 1980 resultaram em uma situação de excedente de energia que foi vendida a preço quase nulo para possibilitar a substituição do óleo combustível na indústria. O setor elétrico era totalmente estatal e foi forçado a promover "políticas de incentivos tarifários para estimular as indústrias a investirem em eletrotermia, a fim de cobrir os investimentos realizados pelas empresas de energia" (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012, p. 25).

Foi no governo de João Baptista Figueiredo que a privatização das estatais começou a ser amplamente discutida sob o argumento de que as autoridades estavam perdendo o controle sobre essas empresas. O novo modelo do setor elétrico foi estipulado pela Lei n.º 8.631, que estabeleceu a oferta de menor tarifa como critério para licitações de empreendimentos e instituiu contratos de venda de energia de

longo prazo, além de condicionar a licitação dos projetos de geração às licenças ambientais prévias, um importante avanço na questão da preservação dos recursos naturais (MONTEIRO; SANTOS, 2010).

Segundo Tolmasquim, Oliveira e Campos (2002), em 1990 o presidente Fernando Collor de Mello sancionou a Lei n.º 8.031, que instituiu o Programa Nacional de Desestatização e a Lei das Concessões tornou-se o marco fundamental do início do processo de privatização. Na opinião dos autores no caso do setor elétrico, o Plano Nacional de Desenvolvimento baseou-se na avaliação de que as crises financeiras da União e dos Estados inviabilizariam a expansão da oferta de eletricidade e a manutenção da confiabilidade das linhas de transmissão.

Em Mendonça e Dahl (1999), foi discutida a reforma do setor elétrico brasileiro. Como questões principais levantadas por esses autores, observa-se que aquele marco regulatório proposto não estava sendo bem sucedido em atrair capital privado para geração de energia. Como principal causa desse insucesso, os autores apontam: a falta de fonte de financiamento apropriado, o alto custo do capital no Brasil e, por fim, a ausência de uma taxa de câmbio adequada na indexação dos contratos de compra de energia. Dois pontos de estrangulamento são referenciados nas conclusões: (a) o início do processo de privatização deixou para trás pendências regulatórias, desfavorecendo ações da nova reforma; e (b) a falta de uma política adequada de modicidade tarifária: "o problema com a atual política tarifária é a distorção interna que não compensa os investimentos em geração"²¹ (MENDONÇA; DAHL, 1999, p. 82).

Em 2001, o Brasil passou por uma severa crise de suprimento de energia elétrica, que ficou popularmente conhecida como "Apagão", como citado. O principal fator que levou a essa conjuntura foi o efeito das condições hidrológicas desfavoráveis, mas houve opiniões divergentes desse argumento apresentado pelas autoridades do setor elétrico na ocasião.

Cabe destacar que foi principalmente a falta de investimento em expansão, geração e transmissão que resultou "na queda da produção de energia hidrelétrica no período, que variou de 28% a 46% comparado aos valores de 2000" (CONSELHO

²¹ Tradução livre de: "*The problem with the current tariff policy is the internal distortion that does not compensate investments in generation [...]*" (MENDONÇA; DAHL, 1999, p. 82).

EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2015, p. 20). Em Pingueli Rosa (2002, p. 87-88), verifica-se que:

Os investimentos desceram de US 13,9 bilhões em 1980 ou 11,1 bilhões em 1989, para 7,1 bilhões em 1993, 4,5 bilhões em 1995 e 6 bilhões em 1998. [...] Embora a falta de investimento em geração de energia tenha sido grave, o mesmo ocorreu com a transmissão, como ficou evidente no blecaute de 1999. No fim de 2000 e início de 2001, o excesso de água vertido em Itaipu poderia ter aliviado a crise economizando água dos reservatórios do Sudeste, mas a terceira linha de Itaipu ao Sudeste não está concluída.

Pires, Fernandez e Bueno (2006, p. 12-13) atribuem a natureza do *déficit* elétrico a uma crise de Estado que impediu o setor estatal de fazer as inversões necessárias ao longo dos 20 anos anteriores. Ademais o processo de privatização foi tímido, incompleto e "transferiu a maioria das distribuidoras ao setor privado [...] mas manteve 80% do parque gerador nas mãos do Estado". A falta de reação dos dirigentes do setor elétrico só agravou a situação, quando, no início de 2001, o volume dos reservatórios estava em níveis críticos quando o padrão de consumo de eletricidade se mantinha inalterado.

Os anos de 2000 a 2002 foram marcados por fortes políticas neoliberais durante a gestão do presidente Fernando Henrique Cardoso (LEITE, 2011). Nesse período, ocorreu o lançamento do Programa Prioritário de Termelétricas, que objetivou a implantação de diversas usinas a gás natural, compra de energia da Argentina e a instituição do Conselho Nacional de Política Energética com a atribuição de formular e propor as diretrizes da política energética nacional. Segundo o autor, ao final do ano de 2003, o consumo de energia elétrica voltou a crescer à taxa média de 5% a.a., entretanto, o episódio do racionamento mostrava que se tratava de uma crise de Estado, que por quase vinte anos, evitou os investimentos necessários.

3.1.2 O Novo Modelo de Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro

A energia é um serviço público cujo direito de delegar, conceder, autorizar o suprimento desse serviço, bem como admitir a presença da iniciativa privada nesse

segmento, cabe ao Estado, que precisa de parceiros para compartilhar riscos e investimentos (SCHMIDT; CORAZZA; MIRANDA, 2003). Na esteira dos movimentos desestatizantes, no Brasil, as reformas iniciadas a partir do ano de 1995 objetivaram promover a concorrência para melhorar o nível de eficiência do sistema elétrico nacional "onde o preço se torna o principal sinalizador para os agentes econômicos" (p. 158).

Entre os anos de 2003 e 2004, o governo federal lançou as bases de um novo modelo para o setor elétrico brasileiro sustentado pelas Leis n.º 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, e pelo Decreto n.º 5.163, de 30 de julho de 2004. Institucionalmente, foram criados o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, por meio da Lei n.º 10.848/2004, regulamentado pelo Decreto n.º 5.175/2004, com o objetivo de avaliar a segurança do suprimento de energia elétrica no território nacional; a Empresa de Pesquisa Energética, para desenvolver estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento do setor elétrico nacional, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica com finalidade viabilizar a comercialização de energia elétrica (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2014).

O modelo atualmente em vigor define a oferta de menor tarifa como o critério para licitações de empreendimentos, o estabelecimento de contratos de venda de energia de longo prazo e o condicionamento da licitação dos projetos de geração às licenças ambientais prévias (BRASIL, 1993). A trajetória de modificações na estrutura do setor elétrico brasileiro é inferida no Quadro 2 e mostra que o redesenho proposto a partir de 2004 enfoca a mudança de um sistema de caráter monopolista para um sistema competitivo e de mercado, com participação ativa da iniciativa privada (VINHAES, 2003).

Perspectiva	Modelo antigo	Modelo de livre mercado (1995 a 2004)	Novo modelo (a partir de 2004)
Modelo financiamento (Recursos)	Públicos	Públicos e privados	Públicos e privados
Segmentação do mercado	Empresa verticalizada	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização, importação e exportação
Origem do capital	Predominantemente estatal	Ênfase nas privatizações	Empresas estatais e privadas
Concorrência de mercado	Monopólios	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Modelo de comercialização	Consumidores cativos	Consumidores cativos e livres	Consumidores cativos e livres
Modelo de tarifação	Reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	Preços livremente negociados na geração comercialização, ACR ⁽¹⁾ e leilões
Tipo de mercado	Regulado	Livre	Livre e regulado
Tipo de planejamento	Determinativo GCPS	Indicativo CNPE ⁽²⁾	Indicativo EPE ⁽³⁾
Forma de contratação	100% do mercado	85% do mercado (até ago. 2003) 95% do mercado (até dez 2004)	100% do mercado + reserva
Balanço energético	Sobras e déficits rateados entre compradores	Sobras e déficits liquidados no MAE ⁽⁴⁾	Sobras e déficits liquidados na CCEE ⁽⁵⁾ para as distribuidoras

Quadro 2 - Evolução do Modelo do Setor Elétrico Brasileiro (1995-2004)

Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2012).

(1) ACR – Ambiente de Contratação Regulada.

(2) CNPE – Conselho Nacional de Política Energética.

(3) EPE – Empresa de Política Energética.

(4) MAE – Mercado Atacadista de Energia.

(5) CCEE – Câmara de Comercialização de Energias Elétricas.

Foram implantados dois ambientes para a celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada ACR, exclusivo para geradoras e distribuidoras, e o Ambiente de Contratação Livre, do qual as empresas geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres fazem parte. O modelo implantado em 2004 restringiu, mas não extinguiu, o mercado livre (PIRES; FERNANDES; BUENO, 2006).

A regulação do setor de eletricidade é atualmente responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica, que foi criada pela Lei n.º 9.427 de 26 de dezembro de 1996 e regulamentada pelo Decreto n.º 2.335 de 6 de outubro de 1997, cujas principais funções constituem: (1) fiscalizar as concessões para a prestação de serviço público de energia elétrica; (2) zelar pela qualidade e equilíbrio econômico financeiro das concessionárias; (3) supervisionar a exploração dos recursos hídricos do país e (4) definir a estrutura tarifária e autorizar níveis propostos pelas empresas (MONTEIRO; SANTOS, 2010).

O Quadro 3 mostra a composição da atual estrutura institucional do setor elétrico brasileiro e o inter-relacionamento entre os diferentes agentes econômicos.

Instituições que compõem o Setor Elétrico Brasileiro (2014)		
Agência Nacional de Energia Elétrica Operador Nacional do Sistema Câmara de Comercialização de Energias Elétricas		
Poder Executivo	Poder Legislativo	Poder Judiciário
Ministério de Minas e Energia Empresa de Pesquisa Energética Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico Conselho Nacional de Política Energética	Câmara dos Deputados Senado Tribunal de Contas da União	Superior Tribunal Federal Superior Tribunal de Justiça
Empresas Estatais do Sistema Energético Brasileiro	Empresas Privadas do Setor Energético Brasileiro	

Quadro 3 - Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro
Fonte: Monteiro e Santos (2010, p. 26).

A partir de 2004 as privatizações foram descontinuadas e o modelo do setor elétrico brasileiro foi alterado pela atual presidente Dilma Roussef, na ocasião Ministra de Minas e Energia (MONTEIRO; SANTOS, 2010). Cabe destacar a instituição do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Luz para Todos), regulamentado pelo Decreto n.º 4.873, em 11 de novembro de 2003, cujo objetivo foi levar o acesso à energia elétrica à totalidade da população do meio rural brasileiro e mitigar o potencial impacto tarifário. Esse programa alcançou cerca de 15,3 milhões de moradores rurais de todo o país e gerou aproximadamente 474 mil novos postos de trabalho (PROGRAMA LUZ PARA TODOS, 2015).

No período 2003-2006 foram promovidas alterações na política energética, no intuito de se readequar o marco regulatório do eixo energia às necessidades de crescimento da economia. Cachapuz (2006) verificou que os investimentos no setor elétrico decresceram nos primeiros anos, incluindo-se os aportes do grupo Centrais Elétricas Brasileiras, que no ano de 2001 foram de R\$12.772 milhões contra R\$9.446 milhões em 2004, uma redução de 26% no período em análise.

Entende-se que o modelo institucional do setor elétrico brasileiro no período 2003-2006 foi resultado do agravamento da situação financeira de algumas distribuidoras, bem como a um excedente de energia no mercado. Esse cenário foi produto do baixo crescimento econômico nos anos anteriores, que derivou em queda no consumo, aparecimento de novas unidades de geração e a migração de grandes consumidores industriais para a autoprodução (CACHAPUZ, 2006).

Essas e outras mudanças provocadas por nova reestruturação do setor elétrico no período 2006-2010 impactaram na organização industrial, no regime de propriedade das empresas, no funcionamento do mercado e na regulação setorial (GOHR; SANTOS, 2011). A importância do setor elétrico como vetor do crescimento econômico levou as autoridades a posicioná-lo como área estratégica do Programa de Aceleração do Crescimento.

No ano de 2015 verificou-se que o excesso de regulação foi um dos principais entraves do setor elétrico, resultando em perda de dinamismo para a economia. Foram mais de 30 medidas desde setembro de 2012, entre decretos, portarias e novas medidas provisórias, sem contar as normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (MONTEIRO, 2015).

Destaca-se a Medida Provisória 579 de setembro de 2012²², cujo objetivo era "promover a redução no custo final de energia elétrica" (redução de até 20% dos preços da energia) no intuito de alavancar o desenvolvimento e promover melhores condições para o setor produtivo. O efeito imediato foi a não adesão de um grupo de concessionárias, resultando em prejuízos financeiros de operadores e do governo, desestabilização do setor e aumento da insegurança em investidores e consumidores industriais (MONTEIRO, 2015).

²² Transformada na Lei n.º 12.783, de 11/1/2013.

Por meio de expedientes regulatórios²³, o governo mudou as normas de renovação/concessões das concessionárias acarretando impactos diretos no custo da energia gerada. Dos efetivos R\$ 30,00/MWh havidos na renovação antecipada das usinas da Eletrobrás (15 mil MW) e na renovação da usina hidrelétrica Três Irmãos (325 MW), em 2013, o salto foi para aproximadamente R\$ 90,00/MWh, onerados pelos bônus de assinatura, aplicáveis em cerca de 6.061 MW de usinas em processo de renovação (PIRES; HOLTZ, 2015).

Some-se a isso o atraso nas obras das hidrelétricas em construção, as já mencionadas mudanças no ciclo hidrológico brasileiro em diversas regiões do país e a necessidade de implementação da reforma fiscal, que resultaram num aumento expressivo do custo da energia, penalizando o setor produtivo e a sociedade. De acordo com o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (2015), a variação média da inflação de energia elétrica pelo Índice de Preços ao Consumidor Ampliado foi de 51. A energia mais cara foi registrada em São Paulo, onde a média alcançou 70,97% e em Curitiba, 69,22%, as maiores registradas entre as capitais brasileiras (DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2015; SALES, 2016).

No mês de agosto de 2015, em meio a um tenso cenário político e econômico, o governo federal divulgou o Programa de Investimento em Energia Elétrica, que reúne os projetos que estão previstos para serem contratados entre 2015 e 2018. Em geração elétrica, o "PIEE indica o total de R\$ 116 bilhões em investimentos para agregar entre 25 mil e 31,5 mil megawatts de potência instalada ao Sistema Interligado Nacional [...] Os investimentos em transmissão de energia deverão atingir R\$ 70 bilhões, somando 37.600 quilômetros de novas linhas ao SIN. Até 2018 serão R\$ 39 bilhões e após 2018, R\$ 31 bilhões" (BRASIL, 2015a).

Consta na agenda dos gestores do setor elétrico brasileiro a iniciativa de substituir as usinas térmicas de custo variável unitário (CVU) por outras a carvão ou gás (mais baratas), e o estímulo a pequenas centrais hidrelétricas e projetos de energia solar. A redução da demanda levou o governo brasileiro a paralisar, em agosto 2015, "a atividade de 21 termelétricas de custo variável mais alto, acima de R\$ 600 MWh, totalizando 2 mil MW médios de energia térmica" (MONTEIRO, 2015, p. 69).

²³ Ver Medida Provisória n.º 688, 18 de agosto de 2015.

Mudanças estruturais no setor elétrico se fazem urgentes para que o Brasil recupere sua posição de competitividade. Em levantamento do Fórum Econômico Mundial junto a 143 países no período 2012-13, o Brasil ocupava a 68.^a posição no fornecimento de energia elétrica; no ciclo 2014-15, passou a ocupar a 89.^a posição. Observe-se que houve um aumento de 44% da capacidade instalada entre 2005 e 2015²⁴, uma média anual de 4.323 MW ano, entretanto no Índice de Competitividade Global, o país perdeu 21 posições no item suprimento de energia elétrica (MONTEIRO, 2015, p. 67; RUFINO, 2015).

3.1.3 O Cenário Elétrico Brasileiro

A despeito de a energia elétrica de fonte hídrica ser extensivamente utilizada em mais de 160 países, a continuidade da expansão das hidrelétricas tem sido discutido pelos especialistas à luz dos mecanismos de mercado e da regulamentação ambiental. "O principal desafio é como fornecer mais energia para um maior número de pessoas em todo o mundo e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e poluição e proporcionar um abastecimento energético seguro e abundante" (MACFARLANE, 2007).

No que tange à oferta interna de energia, seguindo a tendência mundial, o Brasil vem apresentando significativas alterações estruturais em sua matriz energética. Atualmente, o país ocupa a terceira posição em produção de hidroeletricidade no total global (10,2%), pois perdeu a segunda posição para o Canadá em 2013. Em potencial hidráulico, o Brasil ocupa a quarta posição global (1.250 TWh) ou 7,8% segundo último levantamento de 2011, e detém a terceira maior potência instalada hídrica estimada em 82,5 GW ou 7,7% do total global (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2014, p. 1-7). A Tabela 1 mostra o conjunto de indicadores de uso de energia para 30 países com menores e maiores PIB *per capita* (total de 142 países):

²⁴ Outros detalhes ver apresentação da Fundação Getúlio Vargas, agosto 2015. (Disponível em: <http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/apresentacao_cenario_perspectivas_do_setor_ee_dr_romeu_27_08_15.pdf>).

Tabela 1 - Indicadores de uso de energia

Indicadores 2012	Unidade	30 <	30 >	Brasil
Consumo de energia <i>per capita</i>	tep/hab	0,44	5,11	1,42
Consumo de eletricidade per capita	kWh/hab	336	9.705	2.359
Consumo de energia por PIB (PPC ⁽¹⁾)	tep/mil US\$	0,169	0,116	0,098
Renováveis na matriz energética	% (a)	53,6	7,6	42,6
PIB PPP per capita	US\$/hab	2.580	43.962	14.468
% da população mundial	%	14,5	13,0	2,8
% do PIB PPP Mundial	%	2,8	42,2	3,0

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2014, p. 6).

(1) PPC = Paridade do poder de compra.

Observe-se que o país vem ampliando a oferta em energias renováveis, inclusive após dois anos consecutivos de condições hidrológicas desfavoráveis, resultando em redução da oferta de energia hidráulica. A participação da energia renovável na matriz hidrelétrica brasileira vem decrescendo apesar da adição de 1.724 MW na potência instalada do parque hidrelétrico (BRASIL, 2015b). De acordo com dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica em 2015, a energia eólica já representa 3% do total da energia produzida no Sistema Interligado Nacional.

3.1.4 A Expansão da Hidroeletricidade e a Matriz Elétrica Brasileira

A construção do parque gerador brasileiro, iniciada nos anos 1930, uma vez consolidada a opção pela fonte hidrelétrica, inicialmente comportava grandes reservatórios de capacidade de elevado acúmulo de água (PINTO JUNIOR et al., 2007). Nesse ano, o Brasil contava com 1.009 empresas de eletricidade centralizadas no Rio de Janeiro e São Paulo. A região Sudeste concentrava 80% da capacidade instalada enquanto que o Nordeste detinha 10%, a região Sul 8% e a região Norte 2%. Note-se que a indústria elétrica brasileira desenvolveu-se em torno das grandes concentrações urbanas por intermédio das concessionárias privadas, que por sua vez controlavam os mercados mais importantes e com contratos específicos a cada concessão (PINTO JUNIOR et al., 2007).

Segundo Moretto et al. (2012), a primeira usina hidrelétrica brasileira considerada de grande porte foi o complexo de Paulo Afonso no Rio São Francisco, cuja operação iniciou-se em 1955 com uma potência instalada de 4.113 MW e com a

utilização de aproximadamente 15% dos 26.319 MW potenciais disponíveis na bacia. Uma característica desse projeto é que foi idealizado para atender a população de baixa renda onde já prevalecia a prestação de serviços gratuitos. Para Pinto Junior et al. (2007), a forte intervenção do estado objetivou, sobretudo, diminuir e superar a condição de pobreza e o atraso regional do nordeste.

A partir de 1962, a capacidade brasileira de planejamento e execução de empreendimentos hidrelétricos ampliou-se com a instituição das Centrais Elétricas Brasileiras S.A., que, com recursos do Fundo Especial das Nações Unidas e do Banco Mundial, passou a realizar inventários de potencial hidrelétrico em praticamente todo o território nacional. O resultado foi que se encontraram possíveis soluções espaciais para a implantação de usinas hidrelétricas, o que poderia resultar em oportunidade de crescimento econômico (MORETTO et al., 2012).

A presença de hidrelétricas na matriz elétrica brasileira foi impulsionada nos anos de 1970, quando o país estava sendo governado pela ditadura militar (LEITE, 2011). A crise energética de 1973 alertou para o fato de que a garantia do suprimento de energia deveria receber tratamento especial, pois se tratava de um recurso estratégico ao desenvolvimento econômico do país. Rosa, Sigaud e Melnik (1988, p. 71) reiteram que, após os choques do petróleo de 1973 e 1979, a política energética brasileira deu continuidade à expansão de geração hidrelétrica que já era anterior aos choques, mas que reforçou a importância da eletricidade ante o aumento do preço e a escassez de petróleo.

No ano de 1979, todas as concessionárias brasileiras do setor de energia eram de capital nacional e a crescente demanda de energia elétrica forçou a expansão da capacidade instalada nacional. Sampaio, Ramos e Sampaio (2005, p. 467) afirmam que, para resolver esse *gap*, foram executados grandes projetos e, entre as décadas de 1960 a 1980, entraram em operação 15 (quinze) novas usinas hidrelétricas.

A fonte hidrelétrica para o Brasil constitui-se numa vantagem competitiva relevante, e a construção de novos empreendimentos deve atender a uma das mais exigentes legislações ambientais do mundo (BRASIL, 2014). A geração hidráulica alcançou 407,2 TWh no ano de 2014, respondendo por 65,2% da matriz elétrica nacional.

Registra-se, atualmente, a existência de 4.405 empreendimentos em operação no Brasil, perfazendo um total de 140.271.642 kW de potência instalada no sistema (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015). Em 2014, a capacidade

total instalada de geração de energia elétrica do Brasil (centrais de serviço público e autoprodutoras) alcançou 133.914 MW, acréscimo de 7.171 MW, sendo que as fontes renováveis representaram 74,6% da oferta interna de eletricidade (BRASIL, 2015b).

A Tabela 2 mostra a participação do gás natural e da fonte hidráulica ao longo dos últimos decênios, delineando a extensiva ampliação do gás natural na matriz nacional em relação à geração hidráulica (30,2%). Tanto no Plano Nacional de Energia 2030, na Matriz Energética 2030 como no Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, a opção de expansão do parque gerador de energia elétrica prevê a expansão das fontes renováveis, sendo que as hidrelétricas poderão ter acrescido mais de 28.338 MW de capacidade de geração no horizonte decenal, em projetos hidroelétricos situados nas regiões Norte, Sul e Sudeste/Centro-Oeste (BRASIL, 2015b).

Tabela 2 - Participação das principais fontes na matriz energética brasileira

Fonte	Ano 1980	Ano 2013
Petróleo (%)	48,3	39,3
Gás natural (%)	1,0	12,8
Hidráulica (%)	9,6	12,5
Derivados da cana de açúcar (%)	8,0	16,1
Oferta de energia 10 ³ tep (toe)	114,8	296,2

Fonte: Adaptado com dados do Brasil (2014, p. 23).

A evolução da capacidade instalada por fonte de geração no horizonte decenal (2023) é mostrada na Tabela 3. Não obstante a geração hidráulica passar a sofrer um decréscimo em termos de capacidade instalada, ainda é a fonte que mais contribuirá entre as renováveis disponibilizadas pelo sistema nacional.

Tabela 3 - Capacidade instalada prevista no PDE 2023

Período (MW)	2014		2023	
	MW	(%)	(MW)	(%)
Fontes renováveis	110.335	83,2	164.135	83,8
Hidráulica	88.661	66,9	116.894	59,7
Eólica	5.452	3,0	22.438	11,5
Outras (PCHs; biomassa e solar)	16.222	11,4	24.802	12,7
Fontes não renováveis	22.224	16,8	31.748	16,2
Total	132.559	100,0	195.883	100,0

Fonte: Adaptado de Brasil (2014, p. 3).

Em outra perspectiva, o predomínio da energia das hidrelétricas pelo seu custo e natureza renovável foi ameaçado pela crise de abastecimento de 2001 e

mais recentemente, entre 2012-2014, a escassez de chuvas alterou o padrão de comportamento da oferta de hidroeletricidade, o que explica a retração da participação de renováveis na matriz elétrica nacional (BRASIL, 2015b).

A decisão de acionamento das termelétricas para compensar o *déficit* energético foi amplamente debatida entre os agentes do setor elétrico, ante a já conhecida dependência de ciclos hidrológicos das hidrelétricas. O planejamento energético nacional considera o potencial das termelétricas em suas estimativas oficiais de demanda, inclusive pela baixa disponibilidade das outras fontes. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 prevê 7.500 MW de expansão do parque gerador termelétrico no último quinquênio do horizonte (BRASIL, 2014).

Entre os desafios enfrentados pelo setor elétrico brasileiro devem ser consideradas as perdas térmicas das termelétricas cuja ineficiência encarece as tarifas, além de reduzir a arrecadação sobre a energia não faturada. Ao se comparar os percentuais de perdas na transmissão de energia entre os países da América Latina, observa-se que o Brasil chega a ser o líder latino-americano em ineficiência nesse serviço, pior que a Colômbia e a Argentina (REY, 2012).

O preço da energia elétrica é um dos indicadores que compromete a frágil competitividade dos produtos brasileiros nos mercados doméstico e internacional. Em 2015, o Brasil caiu dezoito posições no *ranking* de competitividade, ocupando a 75.^a posição de acordo com o Relatório Global de Competitividade²⁵ (2014-2015), divulgado pelo Fórum Econômico Mundial (SEBRAE, 2015).

A energia elétrica hoje no Brasil é mais cara do que há 10 anos, e pode estar relacionada à ausência de políticas públicas que atuem na mediação das incoerências verificadas no marco regulatório vigente e na infraestrutura do eixo de energia. Além da falta de planejamento integrado e da insuficiência de linhas de transmissão, a autoridade do setor elétrico tem concedido subsídios a grandes consumidores e a eficiência energética não tem sido aproveitada em sua potencialidade (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

²⁵ O relatório considera que países com baixos índices de competitividade são caracterizados por instituições fracas, infraestrutura deficiente, educação não inclusiva e de baixa qualidade, além de um sistema de saúde incompatível com as necessidades da população (SEBRAE, 2015).

O Custo Brasil, que reflete o custo da ineficiência da economia, é diretamente impactado pelo preço da energia. Para Sauer (2013, p. 249), a explicação de tarifas caras no Brasil "tem a ver com o modelo, a forma de contratar, a forma de escolher os vencedores, a forma de fazer os contratos, a forma como os riscos são percebidos por esses agentes individuais, e depois em cadeia são transferidos para as tarifas [...]". Adicionalmente, a criação do mercado livre de energia se beneficiou de um excedente de energia decorrente do racionamento de 2001. O Gráfico 1 infere a evolução do custo da tarifa brasileira:

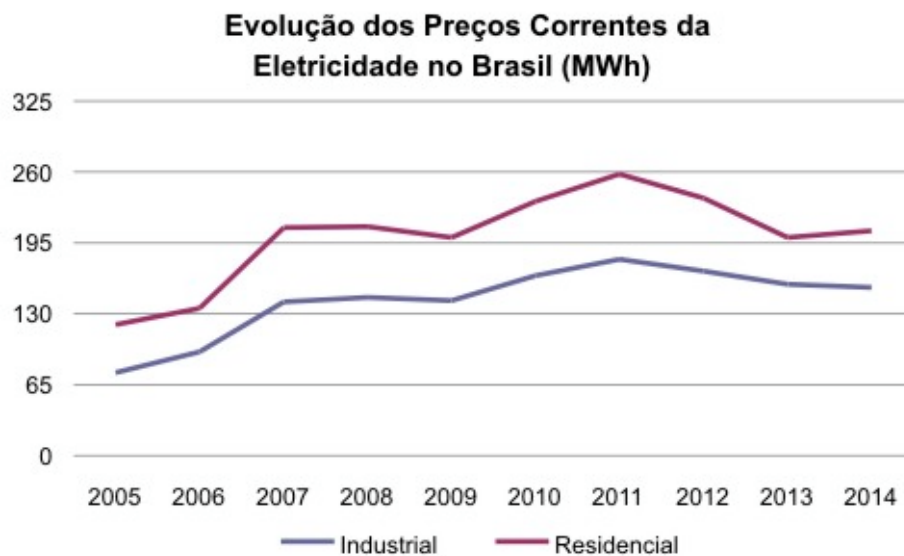


Gráfico 1 - Evolução dos preços correntes da eletricidade no Brasil (MWh)
Fonte: A autora (2014).

Segundo Sauer (2013), as usinas construídas na década de 1930 e *a posteriori*, em 1957, teriam suas concessões encerradas entre 2012 e 2015. O governo brasileiro teria posse aproximadamente de $\frac{1}{4}$ de toda a capacidade de produção, que poderia ser relicitada ou operada publicamente. Essa energia poderia ser disponibilizada no mercado por um preço entre o custo médio e o custo das novas usinas. Um adequado aparato institucional poderia ser um instrumento de melhoria da política energética "porque a essencialidade da capacidade de formular projetos, de gerir projetos é indubitável, e quem faz isso são instituições" (SAUER, 2013, p. 250).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico pode ser considerado uma das principais instituições brasileiras de financiamento à expansão da infraestrutura elétrica. O banco possui programas específicos destinados à geração, transmissão e

distribuição de energia elétrica como o Programa de apoio às concessionárias de serviços públicos de transmissão de energia elétrica e o Programa de Financiamento de Geração de Energia Elétrica (Energia Nova), voltado a apoiar as concessionárias de serviço público de geração de energia elétrica. Contudo, há indicativos de "mudança no perfil dos investimentos, concentrados em grandes usinas hidrelétricas para projetos voltados para a diversificação da matriz energética, com uso de energias sustentáveis, tais como eólica e solar"; por outro lado, ainda há margem para financiamento de hidrelétricas (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2015, p. 98-99).

A indústria da eletrificação pode ser compreendida como uma *holding* atuando em um mercado oligopolista, e, no caso brasileiro, regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica, que "às vezes" se posiciona de modo "desregulatório". Em uma crítica mais extensiva, essa indústria opera com modo de acumulação de capital e de mobilização de força de trabalho de expressivas dimensões quando comparadas com o tamanho da própria economia nacional. Alguns empreendimentos podem ser considerados os principais focos concentradores de comércio e de emprego do país ou nos estados onde se concentram as obras (SEVÁ FILHO, 2008).

Independentemente da natureza das críticas (favoráveis ou não), compreende-se que no horizonte temporal até 2022, de acordo com os documentos oficiais que refletem o planejamento energético nacional, o Brasil seguirá expandindo a matriz elétrica com base na hidroeletricidade. O desafio consiste em equacionar o tamanho dessa expansão *vis-à-vis* as necessidades de crescimento do país e a introdução de fontes energéticas alternativas. Cabe aos gestores avaliar o peso relativo das variáveis envolvidas em cada decisão para o alcance de desenvolvimento econômico limpo, justo e sustentável.

3.1.5 Impactos da Expansão do Setor Elétrico Brasileiro a partir da Hidroenergia

É conclusivo que países desenvolvidos e em desenvolvimento se encontrem cada vez mais pressionados com a sustentabilidade, seja para o atendimento de exigências formais ou com vistas ao bem-estar das gerações futuras. Todavia, o

mundo e o Brasil seguem produzindo energia por meio de fontes não renováveis e intensivas em agentes poluentes. Os constantes alertas de cientistas e *expertises* sobre a manutenção desse modo de produção ainda não causaram o efeito esperado que induza a redução da utilização dos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

A geração de hidroeletricidade em países com abundância de bacias hidrográficas se mostra em forte tendência de continuidade, entretanto o debate em torno do modelo de expansão do setor elétrico brasileiro baseado nessa fonte enfoca três pontos críticos: os impactos socioambientais, a fragilidade da atual política energética e o crescimento econômico com sustentabilidade (WORLD ENERGY RESOURCES COUNCIL, 2013). Müller (1995) verifica que, em muitas regiões, em lugar da promoção do desenvolvimento, observa-se um retrocesso sustentável.

Um dos principais entraves à expansão da geração por meio das hidrelétricas está relacionado à concessão de licenças ambientais. Como alternativa, seguindo a prática dos países desenvolvidos, as Pequenas Centrais Hidrelétricas têm se mostrado uma alternativa viável. Por regulamentação, estas unidades demandam menores áreas de alagamento e o custo de geração se mostra competitivo (GOLDEMBERG; LUCON, 2008). O Brasil possuía, no dia 30 de dezembro de 2015, uma capacidade instalada em pequenas centrais hidrelétricas de 4.677.132 kW de potência fiscalizada, o equivalente a 466 unidades em operação e 31 plantas em fase de construção e mais 134 obras não iniciadas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Bicalho (2009, p. 109) questiona a viabilidade de se aproveitar o potencial hidráulico inventariado de 108,6 GW, uma vez que implica "significativas restrições devido a questões de cunho socioambiental e tecnológico, especialmente o primeiro" (BRASIL, 2014, p. 121). Entre os impactos negativos aos meios físico e biológico, Maia, Capelli e Pontes Junior (2013, p. 117) destacam a destruição de florestas e *habitats* selvagens, o desaparecimento de espécies e a degradação das áreas de captação a montante – devido à inundação da área do reservatório, à redução da biodiversidade aquática, à diminuição das áreas de desova a montante e à jusante da usina, o declínio dos serviços ambientais prestados pelas planícies aluviais, brejos, ecossistemas de rios e estuários e ecossistemas marinhos adjacentes. Quando várias barragens são

implantadas em um mesmo rio²⁶, além da emissão de gases de efeito estufa, sobretudo o metano, há impactos cumulativos sobre a qualidade da água e inundações naturais, afetando as espécies da fauna e flora. Müller (1995) trata extensivamente os efeitos sobre os fatores naturais, que a inserção das hidrelétricas provoca.

Deve-se considerar a competição pelos usos alternativos da água para abastecimento, irrigação, navegação, turismo, lazer e saneamento. Essa situação tem colocado os agentes do setor elétrico em uma delicada posição frente à opinião pública, mostrando que as decisões de investimento ainda se balizam no retorno econômico de curto prazo (DESTER, 2012). Os impactos ambientais têm sido exaustivamente discutidos na literatura científica e o assunto não esgota.

As principais vantagens da energia das hidrelétricas podem ser assim listadas: (a) utilizam uma fonte renovável de energia; (b) contribuem para manter mais puro o ar que respiramos; (c) ajudam a combater as mudanças climáticas; (d) os reservatórios das usinas coletam água de chuva, que pode ser usada para o consumo e a irrigação; (e) promovem a segurança energética e a redução dos preços pagos pelo consumidor final e (f) são um instrumento vital para o desenvolvimento sustentável (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 2015).

Entre as principais vantagens da hidroenergia, de acordo com Kowalski Pasqual e Toledo Filho (2006), destacam-se: (a) a reduzida poluição atmosférica, (b) a contribuição para os objetivos da política energética e desenvolvimento sustentável (fonte renovável de energia), (c) caso haja uma barragem construída, pode-se considerar outros benefícios associados como: o abastecimento público de água, a irrigação, a criação de uma zona de lazer com potencial turístico, e (d) a energia elétrica é mais barata para o consumidor em comparação a outras de energia.

Na perspectiva econômica, Ventura Filho (2013, p. 3) pontua a geração hidrelétrica como vantajosa, pois "apresentam [as hidrelétricas] a vantagem de ter um período de operação (vida útil) muito superior aos 30/50 anos adotados nas avaliações econômicas". Estima-se que uma planta hidrelétrica, com os investimentos totalmente amortizados, poderá ter custos exclusivamente de operação/manutenção em cerca de 20% do custo da energia produzida no início de operação, o que no médio e no

²⁶ Detalhamento consultar WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and development: a new framework for decision-making**. London: Earthscan Publications Ltd, 2000, p. 74.

longo prazo poderá favorecer um decréscimo no preço da geração da energia quando comparadas a outras fontes de geração.

Tecnicamente, as usinas hidrelétricas têm uma função importante no melhor aproveitamento do recurso hídrico de um rio ao operarem como usina de regularização. Nesse aspecto, Ventura Filho (2013, p. 17) assegura: "É desejável que uma determinada bacia hidrográfica ou rio tenha pelo menos uma usina com reservatório de regularização". Essa função também corroborada no Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2015b).

Verifica-se uma divergência de opiniões entre distintos grupos de pesquisadores, contudo, seguindo a tendência mundial, o disposto pela Agência Internacional de Energia (2013), e o Planejamento Decenal de Expansão de Energia 2024 (BRASIL, 2015b), a hidroeletricidade é em princípio a fonte energética atualmente mais adequada para produzir energia elétrica, visto que atende aos requisitos mínimos de sustentabilidade e aspectos tecnológicos, energéticos e socioambientais. Tal argumento é sustentado, considerando que a hidroeletricidade é vista como uma fonte renovável que apresenta vantagem competitiva de favorável viabilidade socioambiental, a tecnologia é simples e amplamente dominada, emite baixo nível de gases de efeito estufa e contempla o requisito de uso múltiplo do recurso hídrico (VENTURA FILHO, 2013).

No quesito tecnologia, "grande parte das usinas viabilizadas recentemente deve operar a "fio d'água", ou seja, toda vazão afluenta deve ser turbinada ou vertida, não havendo condições de armazená-la" (BRASIL, 2015b). Por consequência, pode ocorrer dificuldade ou mesmo a impossibilidade de "controle de cheias; maior exigência das atuais usinas do sistema com capacidade de regularização, gerando grandes alterações de nível dos reservatórios ao longo de curtos ciclos hidrológicos; e maior despacho térmico para atender às exigências sazonais da carga" (BRASIL, 2015b). Tecnicamente, trata-se do principal risco inerente à hidroenergia e que o planejamento energético deve levar em conta ao desenhar o plano de contingências em caso de alterações inesperadas (BRASIL, 2015b).

No tocante aos impactos sociais negativos, um aspecto debatido de forma recorrente é o caso das populações indígenas que frequentemente são alvo de conflitos territoriais. O deslocamento populacional compulsório tem sido objeto de acirradas disputas judicial sob o argumento de que as hidrelétricas provocam a perda dos laços comunitários, a separação das comunidades e famílias e a destruição do patrimônio cultural material e imaterial.

A construção de uma usina hidrelétrica representa para as populações atingidas a destruição de seus projetos de vida, impondo sua expulsão do território até então ocupado, sem apresentar compensações que possam, ao menos, assegurar a reprodução de seus modos de viver, fazer e criar, no mesmo nível em que se verificava antes da implantação do empreendimento. (CUREAU, 2013, p. 222).

As hidrelétricas na visão dos atingidos não apenas rompem com seu *modus* econômico, mas, sobretudo, apropriam-se da sua noção de espaço, cultura, vínculos sociais e o relacionamento com os recursos naturais. Afetam o cenário pela alteração da paisagem e destituem os grupos da noção de pertencimento ao local. O progresso traz como ônus a perda da identidade das famílias que são compensadas com modestas indenizações financeiras, mas que no longo prazo têm a sua história apagada, inclusive pela perda dos resquícios arqueológicos (CUREAU, 2013).

A política energética deveria ser o ambiente onde se resolveria a compatibilização entre os interesses dos investidores e da sociedade. Enquanto as políticas forem desenhadas isoladamente, não contribuirão de forma efetiva para o alcance de melhores indicadores de sustentabilidade energética (BICALHO, 2009). A Organização das Nações Unidas aponta o Brasil como o sétimo maior consumidor de energia no mundo, contudo o marco regulatório ainda se encontra mal estruturado, a expansão do setor elétrico segue a passos lentos e a posição do governo em situações de crise é repassar aos governos anteriores a responsabilidade pela falta de investimentos.

O Estado, por intermédio de um conjunto de agentes, passou a exercer rigorosamente o papel de planejador e, por extensão, de coordenador da expansão da capacidade instalada do setor elétrico depois da crise de suprimento de 2001. Por intermédio da Lei n.º 10.848 de 2004, entrou em vigência "o critério para definição da expansão do setor por meio de licitações de novos empreendimentos" (BICALHO, 2009, p. 126), um marco importante para o setor.

Cabe reiterar a função desempenhada pelo Banco Nacional do Desenvolvimento como o principal agente financiador de projetos de infraestrutura. Em grandes empreendimentos de infraestrutura, faz-se necessária a formação de consórcios entre empresas públicas e privadas, em que o Estado deve assumir a coordenação estratégica dos projetos e o papel de órgão fiscalizador. Essa lógica, ao mesmo tempo em que permite maior acesso aos canais de financiamento, minimiza os riscos para os agentes financiadores (BICALHO, 2009).

3.1.6 Políticas Públicas e o Planejamento Energético no Brasil

Ao se refletir sobre o papel dos energéticos no desenvolvimento econômico, nota-se que a energia em si mesma não é um fim, mas uma parte do desenvolvimento global indispensável à materialização de todos os outros bens. Diante disso, as decisões relacionadas a um sistema energético, destacando-se as diretrizes de política, deveriam ser orientadas com os demais objetivos e planos de desenvolvimento econômico de modo integrado e projetando cenários de longo prazo (BARROS, 2014).

O Estado é o principal responsável pelo bem-estar da sociedade e o governo para coordenar o alcance desse objetivo o faz por intermédio de políticas públicas e políticas macroeconômicas. "Entretanto, todos os agentes são responsáveis pela condição de desenvolvimento, e, partindo-se disso, justifica-se também a participação do setor privado na contribuição para a formulação de políticas de igual finalidade" (SILVA; SOUZA-LIMA, 2010, p. 47). Peters (1986) define política pública como a soma das atividades dos governos, que agem diretamente ou através de delegação, influenciando a vida dos cidadãos. Dye (1984) define de forma sintética "política pública" como o que o governo escolhe fazer ou não.

O sistema energético brasileiro é considerado um dos maiores, mais diversificado e unificado do mundo. Centralizado em distintas unidades produtoras, disponibiliza energia via amplos sistemas de transporte, armazenamento e distribuição, que cobrem praticamente todo o território nacional brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006). Conceitualmente, Pinto Junior et al. (2007, p. 291-292) definem política energética como:

[...] uma intervenção política, portanto, fortemente marcada por concepções e visões do mundo que conquistam uma posição hegemônica em determinados momentos, frutos do embate de ideias acerca do futuro e da melhor maneira de alcançá-lo e da sua legitimação nas diversas instâncias de representação política.

[...] Em outras palavras, apesar de a política energética apresentar, como qualquer outra política, um caráter ideológico, o exercício deste caráter é limitado pelo equilíbrio de oferta e demanda de energia em cada instante do tempo, sendo muito do seu peso no embate político definido a partir desse balanço.

Entre os princípios e os parâmetros adotados como finalidades da política energética, Quemada (2008, p. 2) salienta a importância do papel do Estado como agente mediador e a sua ênfase sobre o tema sustentabilidade:

A política energética deve se apresentar como um conjunto de ações procedentes da Comissão, Conselho e Parlamento, trabalhadas e definidas pelos membros do Estado para atuar sobre a oferta, preços e disponibilidade das distintas fontes de energia, com especial consideração pela preservação ao meio ambiente e segurança no abastecimento.²⁷

Ou na acepção de Acquatella (2008, p. 9), a Política Energética Regional se mostra preocupada com a segurança energética, sustentabilidade e equidade no acesso à energia:

Os principais objetivos amplamente identificados na política energética de uma região são: melhorar a segurança energética; promover o desenvolvimento e uso eficiente da energia; diversificação da matriz energética e promover a equidade social ao acesso ao consumo da energia.²⁸

Em Zanoni (2006, p. 35), o conceito de Política Energética é mais abrangente, estendendo-se a participação de pesquisadores, cientistas e o público em geral interessado no processo de formulação:

A política energética deve em paralelo formular um planejamento integrado, flexível, factível e orientado a objetivos explícitos, respeitando o desenvolvimento sustentável. Para isso os Estados deveriam fomentar o desenho de um conjunto de indicadores que mensurassem a situação social e ambiental de desenvolvimento, facilitasse a participação de pesquisadores, especialistas e o público geral interessado em estudar essa questão.²⁹

²⁷ Tradução livre de: *"La política energética común debe se tener como el conjunto de actuaciones emanadas desde la Comisión, el Consejo y el Parlamento, recogidas en los tratados y ratificadas por los Estados miembros para actuar sobre la cantidad, coste y disponibilidad de las distintas fuentes de energía, con una especial consideración a la preservación del medio ambiente y a la seguridad en el abastecimiento."* (QUEMADA, 2008, p. 2).

²⁸ Tradução livre de: *"Los objetivos principales largamente identificados para la política energética de la región es: mejorar la seguridad energética; promover el ahorro y uso eficiente de la energía; diversificar las fuentes de la matriz energética; y fomentar la equidad social en el acceso y consumo de energía."* (ACQUATELLA, 2008, p. 9).

²⁹ Tradução livre de: *"La política energética debe tomar en consideración estas interrelaciones y, para ello, debe formular unaplanificación integrada, flexible y factible, orientada a objetivos explícitos respecto al desarrollo sustentable. Para garantizar estos finales, los Estados deberían fomentar el diseño de un sistema de indicadores que permita medir la situación social y ambiental del desarrollo y facilite la participación de investigadores, científicos y el público en general en el estudio de sus efectos."* (ZANONI, 2006).

Uma abrangente definição de Política Energética se encontra em Erber (2011, p. 6), que destaca a importância do alinhamento com os objetivos da política econômica nacional:

Os objetivos da política energética devem ser definidos em consonância com aqueles da política econômica e social do país e com os instrumentos disponíveis para implementá-la: recursos naturais, tecnológicos, financeiros, humanos. Objetivos específicos, decorrentes de imperativos tais como a redução da pobreza, preservação do meio ambiente, sustentabilidade das soluções preconizadas, precisam ter prioridades tão bem definidas quanto possível, pois nem sempre se poderá buscá-los simultaneamente. Também é necessário que sejam coerentes com os objetivos de outros setores da atividade do país e que as respectivas estratégias de implementação sejam coordenadas, para evitar desperdícios.

Entretanto, o pré-requisito indispensável ao sucesso da implementação de qualquer política energética é a aceitabilidade do público, ou seja, sem o apoio dos agentes econômicos, o alcance do resultado almejado pelos formuladores pode ser comprometido (STEG; DREIJERINK; ABRAHAMSE; 2005). Estruturar a política energética de um país requer a projeção de um sistema que responda às reais necessidades e desejos da sociedade de forma democrática, assim como abranger os agentes que estejam com princípios, valores e objetivos previamente consensados (ERBER, 2011).

É a partir das respostas captadas nos estudos do planejamento energético que "se avaliarão as necessidades em energia útil e se fará a procura de energia final e dos recursos em energia primária" (BARROS, 1984, p. 5). Deve-se considerar a importância da orientação e eventual intervenção das agências reguladoras e de outras instâncias governamentais que estejam preparadas para conduzir esse processo de forma transparente e democrática.

As políticas energéticas efetivas devem estimular atividades que possam aproveitar o tipo de mão de obra disponível e o uso de tecnologias e equipamentos produzidos nacionalmente. Outro aspecto é que o setor energético tende a depender cada vez mais de investimentos privados, cabendo, portanto, ao governo, a tarefa de gerenciar a expansão e definir políticas que atendam aos interesses da sociedade, o que nem sempre vai ao encontro dos interesses dos investidores privados (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

No setor energético, a importância do planejamento foi ratificada a partir do primeiro choque do petróleo na década de 1970. Em âmbito nacional, até então se considerava basicamente o setor de eletricidade, carvão e petróleo, mas se negligenciava a utilização de fontes renováveis (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2005, p. 16), "a abordagem tradicional do planejamento considerava basicamente apenas opções de oferta e mesmo assim essas eram limitadas por algumas tecnologias dominantes numa perspectiva de análise de custo-benefício".

Historicamente, o Brasil focalizou na independência de insumos energéticos nacionais, em função da dificuldade de gerar dólares para importá-los, especialmente depois dos choques econômicos dos anos de 1980 (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005). Como solução de curto prazo a essa crise, o governo brasileiro visualizou nas hidrelétricas a continuidade de abastecimento de energia elétrica para sustentar o crescimento e expansão da economia naquele momento (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005). O que se conseguiu com essa política não foi mais que "uma coleção de planos desagregados de investimentos no setor elétrico com desvantagens" [...] entre as quais "a ausência de mecanismos capazes de tratar as interfaces entre as questões ambientais e energéticas" (BRASIL, 2005, p. 13).

Atualmente, o Ministério de Minas e Energia é o órgão responsável pelo planejamento energético nacional e pela execução das políticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (BRASIL, 2015a). Os princípios e objetivos da Política Energética brasileira foram definidos na Lei n.º 9.478 de 1997, instituída pelo Conselho Nacional de Política Energética, e a Agência Nacional do Petróleo dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, e dá outras providências. A estruturação do Conselho Nacional de Política Energética ocorreu por meio do Decreto n.º 3.520, de 2000. Entre seus principais objetivos, destaca-se a preservação do interesse nacional (art. 1.º, I) e a ampliação da competitividade da nação no mercado internacional.

A política energética no Brasil é orientada por objetivos que "visam garantir o acesso de toda a população a serviços de qualidade a preços justos, mantendo rigorosos compromissos com a preservação do meio ambiente e o manejo sustentável dos recursos naturais" (TOLMASQUIM, 2012, p. 258-259). O compromisso sócio ambiental deve contribuir para o progresso econômico e social dos brasileiros e para

a garantia da manutenção de uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo (TOLMASQUIM; GUERREIRO, 2011).

Adicionalmente, como parte da estratégia da política energética nacional, está previsto o incremento do parque instalado de hidroeletricidade e o incentivo às fontes alternativas de energia elétrica como a eólica, biomassa e as pequenas centrais hidrelétricas. Além disso, a avaliação das áreas de expansão da cana de açúcar, imprescindíveis para o aumento do volume de bicompostíveis, são medidas incorporadas ao Plano Decenal de Expansão de Energia, que permitirá ao país se manter em razoáveis patamares da intensidade energética e baixa emissões de CO₂ (TOLMASQUIM; GUERREIRO, 2011).

As principais ações da política energética brasileira ainda não apresentam um documento específico como ocorre em outros países, mas está delineada quanto aos seus objetivos e descritas em Pinto Junior et al. (2007, p. 332):

1. Continuidade de valorização dos recursos energéticos nacionais.
2. Incentivos à produção do biodiesel e do álcool, garantindo o abastecimento interno e a consolidação de uma posição competitiva no mercado internacional.
3. Universalização do acesso à energia por meio do Programa Luz para Todos.
4. Continuidade do Programa de Conservação de Energia e Eletricidade (PROCEL) instituído em 1985.
5. Continuidade do Programa Nacional de Racionalização e Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), instituído em 1981.
6. Criação de um mecanismo de incentivo as fontes alternativas o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas (PROINFA).

O Plano Nacional de Energia 2030 é considerado o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos brasileiros, cujo trabalho foi coordenado pela Empresa de Pesquisa Energética em parceria com o Ministério de Minas e Energia. O principal objetivo foi traçar o planejamento de longo prazo do setor energético, projetando tendências e balizando as alternativas de expansão desse setor nas próximas décadas.. Outro importante documento é o Plano Decenal de Expansão de Energia, atualmente com projeções até o ano de 2024, que disponibiliza

informações e contribui nas atividades de planejamento do setor energético nacional, amparando o desenho das estratégias de desenvolvimento do país (BRASIL, 2015b).

Entre as energias renováveis que se mostram com boas perspectivas no longo prazo, destacam-se as fontes solar, biomassa e eólica, as quais atualmente complementam a geração hidrelétrica, todavia ainda se faz necessário maior aporte de recursos para o desenvolvimento de tecnologias mais baratas bem como a instituição de um marco regulatório favorável e seguro aos investidores. As projeções baseadas em energias de baixo carbono indicam a alta participação das energias renováveis, sobretudo a fonte hidráulica. Apesar de ser uma economia em desenvolvimento, o Brasil responde por apenas 1,2% (ou 338 milhões de toneladas) das emissões de CO₂ (BRASIL, 2015b).

Verifica-se no Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 que o planejamento da expansão da oferta de eletricidade é realizado com base em normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética. Cabe destacar a intenção de expandir a participação das fontes renováveis de energia – potencial hidráulico inclusive das pequenas centrais hidrelétricas, eólico, de biomassa e solar. A Tabela 4 infere as projeções de investimentos por fontes de energia conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024:

Tabela 4 - Estimativa de investimentos em geração de energia

Tipos de fontes	Usinas contratadas e autorizadas		Usinas planejadas		Total	
	R\$ (bilhões)	%	R\$ (bilhões)	%	R\$ bilhões)	%
Hidro	18,3	17,6	54,8	33,2	73,1	27,2
PCH+Biomassa+Eólica+Solar	59,3	57,3	96,5	58,5	155,8	58,1
Termelétrica	26,0	25,1	13,6	8,3	39,6	14,7
Nuclear	11,0	10,6	-	-	11,0	4,1
Gás Natural	12,7	12,3	13,6	8,3	26,3	9,8
Carvão	2,3	2,2	-	-	2,3	0,8
Óleo combustível/diesel	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0
Total	103,6		164,9		268,5	

Fonte: BRASIL (2015b, p. 119).

Nota: Os investimentos abrangem as parcelas de desembolso que ocorrem no período decenal.

Os investimentos totais em linhas de transmissão, computando-se nesse total as instalações já licitadas deve alcançar R\$ 107,8 bilhões, sendo R\$ 78,3 bilhões em

linhas de transmissão e R\$ 29,5 bilhões em subestações, incluindo as instalações de fronteira (BRASIL, 2015b, p. 231).

Destaca-se o papel da eficiência energética como parte da Política Energética nacional, cujo marco regulatório foi a Lei n.º 10.295/01, regulada pelo Decreto n.º 4.059/01 da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, em que está previsto o estabelecimento de níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética (art. 2.º). As políticas voltadas à conservação de energia devem continuar incentivadas e são descritas no Planejamento Nacional de Energia 2030, detalhadas no Plano Nacional de Eficiência Energética e revisados nos Planos Decenais de Expansão da Energia. Eficiência energética pode ser definida como "as ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos" (BRASIL, 2015b, p. 20).

Uma importante iniciativa foi a criação, em 1985, do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado e executado pelo Ministério de Minas e Energia. Por meio de suas ações, já foi alcançada a economia de mais de 80 bilhões de KWh de energia elétrica. Desde 1986, o Ministério de Minas e Energia, por meio do PROCEL, já investiu cerca de R\$ 2,4 bilhões em ações de efficientização, gerando uma economia de energia total da ordem de 80,6 bilhões de KWh. Ao se converter essa energia em emissões evitadas, chega-se a 1,425 milhão tCO₂¹ equivalentes, o que corresponde à energia fornecida, em um ano, por uma usina hidrelétrica com capacidade de 2.522 MW (PROCEL, 2015, p. 9-11).

Corroborando Leite (2007), diferentes países manifestam preocupação crescente com a segurança energética, todavia a sustentabilidade ambiental, a eficiência energética e as novas tecnologias de produção em uso da energia são desafios a superar por meio de políticas energéticas de longo prazo. Além disso, nos países em desenvolvimento, há uma concentração de esforços em políticas de universalização do acesso à energia elétrica como forma de política social.

Cabe destacar a importância da cogeração e geração distribuída como vantagem competitiva. Segundo Leite (2007, p. 328) "a co-geração é atrativa economicamente porque tem maior eficiência de combustível de baixo custo de capital incremental para o equipamento de recuperação de calor". Além do mais, esse tipo de geradora

evita custos de transmissão e distribuição, que podem representar 30% a 40% dos custos da eletricidade efetivamente entregue. No Brasil, o estímulo à cogeração iniciou durante o processo de reestruturação do setor elétrico, com o intuito de incentivar maior participação da iniciativa privada na geração de eletricidade (LEITE, 2007). Dentre as tecnologias de geração distribuída de pequeno porte, destaca-se a baseada no aproveitamento solar fotovoltaico. A principal iniciativa para a penetração da geração distribuída de pequeno porte está regulamentada na Resolução n.º 482/2012 publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL, 2015b).

3.2 DESENVOLVIMENTO REGIONAL PARANAENSE

A economia paranaense atualmente representa 6,3% do PIB nacional, fortemente ancorada no agronegócio, posicionando o Estado como o maior produtor nacional de grãos. Na pecuária, destaca-se pela criação de aves e sua estrutura industrial é composta pelos segmentos de alimentos, veículos automotores e refino de petróleo. A autossuficiência energética do Paraná é garantida por amplo parque gerador público e privado e pela presença da Hidrelétrica de Itaipu (IPARDES, 2015b). Essa seção discute um panorama geral da economia paranaense, o marco histórico do setor elétrico local e uma análise do mapa da hidrografia do Estado.

3.2.1 A Economia Paranaense

Entre as 27 unidades da Federação, o Estado do Paraná possui 199.880 km² de extensão, distribuídos em 399 municípios e uma população estimada de 11.163.018 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2015. Maack (2012) verifica que, enquanto em 1920 o Estado do Paraná possuía apenas 2,4 habitantes por km², em 1940 sua densidade demográfica ascendeu a 6,14; em 1960, saltou para 21,3 e, em 2015, alcançou 55,02/ km² (IPARDES, 2015b).

Pode-se dizer que o Estado do Paraná começou sua industrialização definitiva a partir de 1970, e como marco importante destaca-se a criação da Cidade Industrial de Curitiba em 1973, que serviu de referência entre a passagem da economia agrária para a economia de base industrial e mais diversificada (LIMA; ALVES, 2012).

Na primeira metade da década de 1990, a economia paranaense, acompanhando o que ocorria no resto do país, passou a seguir o ritmo da abertura comercial, a desregulamentação dos mercados e a onda de privatizações, o que resultou numa reestruturação industrial – "[...] o Estado do Paraná utilizou um conjunto de atrativos formados por localização geográfica privilegiada, estoque adequado de infraestrutura e mecanismos institucionais para a viabilização da expansão e implantação das indústrias" (LIMA; ALVES, 2012, p. 98).

No processo de desenvolvimento regional, Lourenço (2007) destaca a importância das organizações estatais, como a Companhia de Desenvolvimento do Paraná (Codepar), o Banco de Desenvolvimento do Paraná (Badep), o Banco do Estado do Paraná (Banestado), o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), a Companhia Paranaense de Energia Copel, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), entre outras. Do lado das empresas privadas, cabe ressaltar a Hermes Macedo, a Prosdócimo, o Grupo Bamerindus, a Batavo, a Cocamar, a Coamo, entre outras.

A economia paranaense, de acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2015b) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), já é a quarta maior economia do país. Entre os estados da federação, o Paraná igualmente ocupa a 5.^a posição em ambiente de negócios, competitividade e disponibilidade de infraestrutura, além de importantes avanços em exportação do agronegócio, renda *per capita* e incentivos fiscais para política ambiental (CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA, 2013/2014).

No aspecto conjuntural, de acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento, foi realizado o leilão das concessões de 29 hidrelétricas pelo Ministério de Minas e Energia no dia 25 de novembro de 2015. Entre as usinas leiloadas, duas plantas estão localizadas no Paraná. A Usina Parigot de Souza (Antonina, PR), permanecerá sendo operada pela Companhia Paranaense de Energia, com outorga válida por 30 anos. As condições do leilão consideraram o pagamento de cerca de

R\$ 575 milhões em bônus de outorga ao governo federal pela Copel, que estima o recebimento de receita anual de R\$ 130,8 milhões pela hidrelétrica Parigot de Souza. A Hidrelétrica Mourão I (localizada em Campo Mourão, PR) passará a ser administrada pela ENEL, empresa de capital italiano. O leilão das 29 unidades teve como resultado o aporte de R\$ 17 bilhões (IPARDES, 2015a).

3.2.2 Marcos Históricos do Setor Elétrico Paranaense

O setor energético paranaense remonta ao período de 1889 a 1930, quando o governo federal mantinha sob o domínio da iniciativa privada o fornecimento de serviços de infraestrutura. No ano de 1892 foi promulgada a primeira lei que dava autonomia para os municípios legislarem sobre obras de interesse público. A primeira lei estadual que definiu o estado como responsável pelos serviços de água, esgoto e iluminação pública foi editada e promulgada em 1903, com o objetivo de suprir as demandas de iluminação e saneamento públicas do estado, sobretudo da capital paranaense (KARPINSKI, 2013).

A partir de 1891, os serviços de transmissão no município de Curitiba foram executados pela Companhia Água e Luz de São Paulo. Em 1890, a atividade foi concedida à iniciativa privada pelo então presidente da intendência municipal Vicente Machado da Silva Lima, e a primeira concessionária que atuou nos serviços de geração e de distribuição foi do grupo privado José Hauer e Filhos (KARPINSKI, 2013, p. 52; MACHADO, 1998).

A primeira hidrelétrica do Estado do Paraná, a Usina de Serra da Prata, foi inaugurada em 1910, próximo à cidade de Paranaguá, com uma potência instalada de 400 kVA. Em 1911, em Ponta Grossa, foi colocada em funcionamento a hidrelétrica de Pitangui, com potência instalada de 760 kW. No ano de 1930, foi inaugurada a usina de Chaminé na Serra do Mar, com 9 megawatts de potência instalada, e considerada um dos primeiros empreendimentos de grande porte da época. Essa unidade passou por ampliações e encontra-se em funcionamento atualmente com 16 megawatts (SIQUEIRA, 1994).

Seguindo a lógica da construção do setor elétrico brasileiro, os empreendimentos energéticos implantados no Paraná contavam com o respaldo do Código de Águas (Decreto-Lei n.º 24.463 de 10 de julho de 1934) e do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (Lei n.º 1.285 de 1939), que permitiam ao Poder Público coordenar as ações no âmbito regional paranaense, até então dependente da iniciativa privada. Assim, com o apoio do Plano Nacional de Eletrificação, foi criado em 1948 o Serviço de Energia Elétrica do Paraná, posteriormente transformado no Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), com autonomia financeira e administrativa (COPEL, 2015). Uma das primeiras ações do Departamento de Águas e Energia Elétrica foi a criação do Plano Hidrelétrico do Paraná, inspirado no Plano Nacional de Eletrificação, que previa a expansão de sistemas elétricos do Sul (amparado nas usinas de Capivari-Cachoeira e Salto Grande do Iguaçu), do Norte (suprido pelas usinas de Salto Grande e Capivara, no rio Paranapanema, e Mourão), e do Oeste (REICHAMAN, 2002; SIQUEIRA, 1994).

Em 1954, foi criada a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Decreto n.º 14.947 de 26 de outubro de 1954). Uma de suas primeiras ações foi realizar estudos do potencial hidráulico dos rios do Paraná e do rio Iguaçu, a partir de entendimentos com a Comissão Interestadual da bacia do Paraná – Uruguai. Semelhante à atuação da estatal mineira Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), a Companhia Paranaense de Energia Elétrica dividia o mercado com outras empresas privadas, e serviços com o Departamento de Águas e Energia Elétrica. À medida que se consolidavam as atividades de geração e distribuição no estado, as atividades das empresas privadas sofreram uma rápida limitação pelos serviços oferecidos pela estatal paranaense. Ante esse fato, a companhia estatal iniciou seu monopólio regional de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica (MACHADO, 1998).

Acompanhando a fase desenvolvimentista do Brasil, o Estado optou por concentrar esforços na modernização por meio da industrialização. "De fato, o progresso de uma nação, no conceito moderno, não depende de uma política tendente a acentuar um rumo agrícola ou um rumo industrial: depende, sim, de um estímulo simultâneo do binômio agricultura e indústria" (SCHULMAN, 1956, p.03). Os investimentos em grandes obras públicas no setor de infra-estrutura, entre as quais a construção de grandes usinas hidrelétricas, exigiam a obtenção de recursos financeiros para

programas de eletrificação. Essa lógica foi responsável por influenciar projetos de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica nas décadas de 1950, 1960, 1970 e 1980, quando a preocupação principal era ofertar energia elétrica abundante e barata para garantir o desenvolvimento (SCHULMAN, 1956).

Em Machado (1998), verificou-se que as grandes obras de engenharia entre as décadas de 1960 e 1970 geraram impactos irreversíveis nos ecossistemas e na forma como as pessoas circunvizinhas utilizavam a terra. Dentre estes empreendimentos destacam-se as usinas hidrelétricas de Salto Santiago (Saudade do Iguaçu, PR); Bento Munhoz da Rocha Neto (Pinhão, PR); Salto Osório (Quedas do Iguaçu, PR) e Pedro Viriato Parigot de Souza (Antonina, PR).

Note-se que a opção pela expansão da oferta de energia elétrica por meio das hidrelétricas se deu em conjunto com o plano de desenvolvimento do estado paranaense e em consonância com a trajetória do desenvolvimento industrial brasileiro. Foi instituída uma parceria com o Governo Federal, que criou as condições necessárias para obtenção de financiamentos externos que viabilizassem a construção de grandes obras de infraestrutura necessárias para suportar as transformações estruturais da economia paranaense que apresentava um forte dinamismo e progressiva diversificação. Não se pode desconsiderar que os efeitos dos choques do petróleo (1973 e 1979) foram responsáveis por incentivar a ampliação da construção do parque gerador paranaense por meio das hidrelétricas (PARANÁ, 1980; CONSELHO ESTADUAL DO PARANÁ, 1982).

Pode-se considerar como importante marco histórico da estruturação do setor elétrico paranaense a construção de dois empreendimentos: a Usina Binacional de Itaipu e a Usina Hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga, também conhecida como Segredo. A instalação do canteiro de obras de Itaipu ocorreu em 1974. Esse empreendimento foi o único a atravessar a parte mais aguda da crise econômica brasileira do final dos anos 1970, mantendo-se em operação e com o *status* de prioridade absoluta. O ambicioso projeto chegou a contratar até 5 mil pessoas ao mês entre 1978-1981 e alterou profundamente a economia local: "Foz do Iguaçu era uma cidade com apenas duas ruas asfaltadas e cerca de 20 mil habitantes; em dez anos, a população passou para 101.447 habitantes" (ITAIPU BINACIONAL, 2015).

Em 5 de novembro de 1982, as 14 comportas do vertedouro liberaram a água represada do Rio Paraná, inaugurando oficialmente a maior hidrelétrica do mundo daquele período. Cabe ressaltar os profundos impactos causados pelo enchimento do reservatório, que interferiu na vida de milhares de pessoas que habitavam nas margens do Rio Paraná entre Foz do Iguaçu e Guaíra e o alagamento das Sete Quedas (ITAIPU BINACIONAL, 2015). Sem dúvida a Itaipu Binacional é um marco para o setor elétrico dos dois países (Brasil e Argentina), e no caso brasileiro consolidou a opção pela energia produzida por meio do aproveitamento hidráulico. A potência instalada de 16,7 mil megawatts passou a contar com mais 14 mil megawatts, praticamente dobrando a capacidade de geração. O custo atualizado da construção de Itaipu, considerando juros e a inflação em dólar do período, chega hoje (2015) a US\$ 18 bilhões, ou aproximadamente US\$ 849 por kW instalado (ITAIPU BINACIONAL, 2015).

Outro importante marco histórico foi a construção da usina hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga, também conhecida como Segredo (COPEL, 2015). Entre outras disputas judiciais, foi o primeiro empreendimento dessa natureza no país a submeter o projeto de construção de uma planta hidrelétrica a um estudo de impacto socioambiental, o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), concluído e aprovado em 1987. Localizada no Rio Iguaçu, no município de Manguaçu, na região sudoeste do estado do Paraná, foi inaugurada em 1992, com 1.260 MW de potência instalada (COPEL, 2015).

O Decreto n.º 4141, de 11 de novembro de 1988, instituiu a outorga do direito de uso de recursos hídricos estaduais. A partir de 1991 foi implantada a Lei ICMS Ecológico (Lei n.º 59 de 11 de outubro de 1991), que garantia repasses percentuais para os municípios pelo uso dos recursos hídricos e pela conservação de áreas de proteção ambiental, neste caso Unidades de Conservação e faixas da Floresta Atlântica. A Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (antiga ARH) propôs uma minuta de lei que previa 2,5% de repasses para os municípios com Unidades de Conservação, e 2,5% para municípios com mananciais de abastecimento que atendem outros municípios a jusante (MACHADO, 1998).

Entre os desafios da atualidade, destacam-se a análise dos contratos públicos, revisão de concessão, e o gerenciamento dos impactos ambientais, que ainda se mostra burocrático e moroso. O planejamento integrado dos recursos hídricos e de seus usos múltiplos ainda não é aproveitado em sua potencialidade, dado que não

existem incentivos econômicos de interesse social, legislativo e ambiental para projetos de engenharia com grandes reservatórios, haja vista o diagnóstico das áreas atingidas (DEBROSSO; ICHIKAWA, 2014).

Historicamente, o Estado do Paraná tem sido um dos maiores produtores de energia elétrica do país, quase em sua totalidade oriunda da força dos rios. O Balanço Energético Nacional de ano base 2014 (BRASIL, 2015a, p. 176) apresentou um potencial hidráulico para o Estado de 23,9 MW³ dos quais 67% estão atualmente em operação. Em 31 de dezembro de 2015, o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica registrava uma capacidade de geração instalada de 7.000.085 MW no Rio Paraná, 6.674.000 MW no Rio Iguaçu e 2.184.700 MW no Rio Paranapanema. Dos 260 GW de potencial de geração brasileiro, 23% são oriundos da Bacia do Paraná, que abrange o território do Distrito Federal e mais seis estados: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina (PORTAL BRASIL, 2011).

Sobre Política Energética, cabe destacar que a Companhia Paranaense de Energia integra o Conselho Estadual de Energia como órgão executor do planejamento do Estado. Seguindo a tendência nacional, o Paraná vem "ampliando a geração de energia, utilizando matéria orgânica em usinas a biogás, desenvolvendo pesquisas sobre energias alternativas por meio de microalgas, de dejetos animais e humanos, do óleo de grãos e oleaginosas [...]" (ROCHA; VEJO, 2014, p. 14). De acordo com o Plano Decenal de Energia 2024, em relação à carga total da região Sul, "a carga do estado do Paraná, que corresponde a 39% do total da região, apresenta um crescimento anual médio de 3,5% no período decenal para o patamar de carga pesada"³⁰ (BRASIL, 2015b, p. 227).

A capacidade instalada do Paraná em 2014 era de 17.219 MW, correspondendo a 12,9% do total da capacidade instalada nacional. Nesse mesmo ano, foi responsável por 16,47% do total da energia elétrica gerada no país ou o equivalente a 98.834 GWh. Seguindo a tendência nacional, registrou uma queda de 4,5% na geração elétrica em relação ao ano de 2013. Observe-se que a Companhia Paranaense de Energia Elétrica é a quarta maior unidade consumidora de energia elétrica na rede

³⁰ Detalhamento das principais obras previstas para o Estado do Paraná constam no Plano Decenal de Energia 2024, p. 228-229. (Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE%202024.pdf>>).

ou 5,6% do total nacional. Adicionalmente o consumo *per capita* no Estado em 2014 foi de 2.730 KWh/hab., um crescimento de aproximadamente 4% em relação ao ano de 2013 proporcionalmente a expansão do produto interno produto no mesmo período (AMANHÃ, 2015).

A importância do setor de energia para a economia paranaense reflete-se no *ranking* entre as empresas mais lucrativas do Estado: a Itaipu Binacional e a Companhia Paranaense de Energia. De acordo com a Agência Paraná de Desenvolvimento (2015), o PIB do estado cresceu 3% em 2013, enquanto o PIB brasileiro cresceu 2,3%. "O resultado do Paraná foi influenciado pela safra cheia de grãos e pelo bom desempenho de energia com produção de Itaipu". A Itaipu apurou um lucro de R\$ 2,5 bilhões, que representa uma rentabilidade de 26,5% sobre seu faturamento de R\$ 9,7 bilhões; a Copel registrou R\$ 1,3 bilhão de lucro com rentabilidade de 9,6% sobre uma receita de R\$ 13,9 bilhões. Em 2015, a Companhia Paranaense de Energia realizou investimentos de R\$ 962 milhões para garantir a manutenção da qualidade do fornecimento de energia (AMANHÃ, 2015).

3.2.3 Mapa Geral da Hidroeletricidade no Paraná

A hidroeletricidade é a base do suprimento energético brasileiro e paranaense, produzida por unidades de grande, médio e pequeno porte. Seguindo a tendência das discussões em âmbito internacional e nacional, atualmente o futuro do abastecimento do Paraná está nas Pequenas Centrais Hidrelétricas e no potencial do biogás. Esse tópico discute a gestão da hidrografia paranaense e traça um mapa geral das unidades geradoras a partir de um recorte na situação dos empreendimentos estaduais em novembro de 2015.

3.2.3.1 Gestão das unidades hidrográficas do Estado do Paraná

De acordo com o Plano de Expansão 2024 (BRASIL, 2015b), no horizonte 2015-2024 estão previstos no Estado do Paraná, sete projetos de aproveitamentos hidroelétricos no Baixo Iguaçu, Apertados, Telêmaco Borba, Foz Piquiri, Ericlândia, Comissário e Paranhos. Os números projetados pela Empresa de Pesquisa Energética evidenciam que o potencial de expansão da hidroeletricidade é de natureza estratégica e merece tratamento diferenciado do governo federal (VERDUM, 2015).

A disposição da hidrografia do Paraná está dividida em 12 unidades hidrográficas, de acordo com as características específicas de cada região e a hierarquização das bacias hidrográficas estaduais. Fatores geopolíticos e de ocupação das bacias hidrográficas foram levadas em consideração na divisão de bacias hidrográficas a fim de definir as unidades (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010; ITCG, 2015).

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2010, p. 13) evidencia a existência de outro processo de gestão das bacias hidrográficas, denominado *regionalização*, "considerando os pressupostos legais e os aspectos intervenientes na disponibilidade e na qualidade da água". A classificação é definida por divisores de água ou linhas de cumeada (interflúvios) entre as bacias hidrográficas, identificadas por características geomorfológicas.

De acordo com a Resolução n.º 24 de 2006 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, as bacias hidrográficas estão delimitadas, a saber: Litorânea, Iguaçu, Ribeira, Itararé, Cinzas, Tibagi, Ivaí, Paranapanema 1, Paranapanema 2, Paranapanema 3, Paranapanema 4, Pirapó, Paraná 1, Paraná 2, Paraná 3 e Piquiri.

A partir das características fisiográficas e socioeconômicas de uso e ocupação do solo, decidiu-se, por meio da Resolução n.º 49/2006 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná, agrupar as unidades hidrográficas em doze, a saber: Litorânea, Alto Iguaçu/Ribeira, Médio Iguaçu, Baixo Iguaçu, Itararé/Cinzas/Paranapanema I e II, Alto Tibagi, Baixo Tibagi, Pirapó/Paranapanema III e IV, Alto Ivaí, Baixo Ivaí/Paraná I, Piquiri/Paraná II, Paraná III (SEMA, 2010, p. 14). Outra motivação para a divisão das bacias hidrográficas estaduais em unidades hidrográficas seria a proximidade de dados em zoneamentos a fim de gerir novos comitês de bacias hidrográficas.

Atualmente, o Paraná possui 11 comitês de bacias hidrográficas, com o objetivo de "adequar a gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais de sua área de abrangência" conforme disposto no parágrafo terceiro da Resolução n.º 5 de 10 de abril de 2000 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Os comitês estão distribuídos em todas as unidades hidrográficas do estado paranaense tal como em Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira (criado em 13/12/2005); Rio Tibagi (13/06/2002); Rio Jordão (13/06/2002); Paraná III (05/05/2004), Rios Pirapó, Paranapanema 3 e 4 (03/03/2008); Norte Pioneiro (22/09/2009); Baixo Ivaí e Paraná I (19/01/2011); Litorânea (30/08/2012); Alto Ivaí (04/09/2013); Baixo Iguaçu (10/09/2013) e Rios Piquiri e Paraná II (10/09/2013). Não foi considerada a parte do Médio Iguaçu (IAP, 2016).

Para a análise das fontes geradoras hidroenergéticas dessa pesquisa, adotou-se a distribuição de acordo com as doze unidades hidrográficas seguidas por outras dez divisões em virtude do cruzamento de dados e da sobreposição das áreas de atuação dos comitês de bacias hidrográficas. Tal procedimento leva em conta a aproximação das características geopolíticas e fisionômicas inerentes ao uso do solo e dos recursos hídricos e está inferida no Quadro 4.

A distribuição das fontes de acordo com a sobreposição pode ser observada na cartografia do Anexo A (Carta de Distribuição das PCHs, UHEs e CGHs por Unidade Hidrográfica do Estado do Paraná/Bacia Hidrográfica do Estado do Paraná). As bases cartográficas foram confeccionadas com base nos dados de Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2015), Instituto das Águas do Paraná (2015) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2015).

COD	Divisão	Unidade hidrográfica	Bacia hidrográfica
1	Cinzas	Itararé/Cinzas/Paranapanema 1/Paranapanema 2	Cinzas
2	Corpos d'Água	Corpos d'Água	Corpos d'Água
3	Ilhas	Ilhas	Ilhas
4	Itararé	Itararé/Cinzas/Paranapanema 1/Paranapanema 2	Itararé
5	Litorânea	Litorânea	Litorânea
6	Paranapanema 1	Itararé/Cinzas/Paranapanema 1/Paranapanema 2	Paranapanema 1
7	Paranapanema 2	Itararé/Cinzas/Paranapanema 1/Paranapanema 2	Paranapanema 2
8	Paranapanema 3	Pirapó/Paranapanema 3/Paranapanema 4	Paranapanema 3
9	Paranapanema 4	Pirapó/Paranapanema 3/Paranapanema 4	Paranapanema 4
10	Paraná 1	Baixo Ivaí/Paraná 1	Paraná 1
11	Paraná 2	Piquiri/Paraná 2	Paraná 2
12	Paraná 3	Paraná 3	Paraná 3
13	Piquiri	Piquiri/Paraná 2	Piquiri
14	Pirapó	Pirapó/Paranapanema 3/Paranapanema 4	Pirapó
15	Ribeira	Alto Iguaçu/Afluentes do Rio Negro/Afluentes do Rio Ribeira	Ribeira
16	Iguaçu 1	Alto Iguaçu/Afluentes do Rio Negro/Afluentes do Rio Ribeira	Iguaçu
17	Iguaçu 2	Afluentes do Médio Iguaçu	Iguaçu
18	Iguaçu 3	Afluentes do Baixo Iguaçu	Iguaçu
19	Ivaí 1	Alto Ivaí	Ivaí
20	Ivaí 2	Baixo Ivaí/Paraná 1	Ivaí
21	Tibagi 1	Alto Tibagi	Tibagi
22	Tibagi 2	Baixo Tibagi	Tibagi

Quadro 4 - Distribuição por Unidade Hidrográfica das Pequenas Centrais Hidrelétricas, Usinas Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas do Estado do Paraná

Fonte: A autora, adaptado de Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (2015).

3.2.3.2 Distribuição das fontes geradoras hidroenergéticas

A distribuição das Pequenas Centrais Hidrelétricas, Usinas Hidrelétricas e Centrais de Geração Hidrelétrica no estado do Paraná é mostrada na Tabela 5. Os dados de posicionamento geográfico das unidades geradoras foram obtidos por meio de consultas ao banco de dados do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica no mês de novembro de 2015.

Como fator limitante desta pesquisa, considera-se a falta de atualização periódica do banco de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica e a falta de informações mais detalhadas sobre a situação operacional e de licenciamento das fontes geradoras. Em novembro de 2015 as Pequenas Centrais Hidrelétricas representavam 72,77% das unidades de geração no estado paranaense, enquanto as Centrais Geradoras

Hidrelétricas e as Usinas Hidrelétricas, dada sua capacidade de geração e seu aspecto construtivo baseado em grandes reservatórios, 14,75% e 12,48%, respectivamente.

Tabela 5 - Distribuição por Unidade Hidrográfica/Bacia Hidrográfica no PR

Cod.	Divisão	UN de PCH	UN de UHE	UN de CGH
1	Cinzas	11	-	-
2	Corpos d'Água	-	-	-
3	Ilhas	-	-	-
4	Itararé	5	-	-
5	Litorânea	10	1	1
6	Paranapanema 1	-	3	-
7	Paranapanema 2	-	-	-
8	Paranapanema 3	-	1	-
9	Paranapanema 4	-	1	-
10	Paraná 1	-	-	-
11	Paraná 2	-	-	-
12	Paraná 3	15	1	8
13	Piquiri	36	7	3
14	Pirapó	15	-	-
15	Ribeira	21	1	5
16	Iguaçu 1	1	-	-
17	Iguaçu 2	51	6	15
18	Iguaçu 3	59	12	13
19	Ivaí 1	40	8	12
20	Ivaí 2	10	1	-
21	Tibagi 1	12	4	1
22	Tibagi 2	-	3	-
Total		286	49	58

Fonte: A autora, adaptado de Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (2015).

Nota: PCH = Pequena Central Hidrelétrica; UHE = Usina Hidrelétrica; CG = Central de Geração Hidrelétrica.

Sobre a distribuição das fontes geradoras hidroenergéticas, observa-se que as unidades hidrográficas dos Afluentes do Médio e do Baixo Iguaçu representam alto potencial de geração por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas, que correspondem a 38,46% das unidades presentes em todo o Paraná. Estas unidades hidrográficas representam 29% das Pequenas Centrais Hidrelétricas operantes em todo o território paranaense, conforme mostrado na Tabela 6, superadas apenas pela unidade hidrográfica do Alto Ivaí, com 32,25% das fontes operantes.

Observe-se que na bacia hidrográfica do Iguaçu estão localizados diversos corredores de biodiversidade e áreas de preservação ambiental, como a Estadual da Escarpa Devoniana, Estadual da Serra da Esperança, Parque Nacional do Iguaçu, Refúgio da Vida Silvestre dos Campos de Palmas, a Unidade de Conservação (UC) do

Rio Irati, e a Unidade de Conservação do Rio Iratizinho (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO, 2015).

Tabela 6 - Unidades de Pequenas Centrais Hidrelétricas por *status* operacional

Cod.	Divisão	Operante	Inativa ou SDC ⁽¹⁾	Obra não iniciada	Em obra
1	Cinzas	-	9	2	-
2	Corpos d'Água	-	-	-	-
3	Ilhas	-	-	-	-
4	Itararé	3	2	-	-
5	Litorânea	1	9	-	-
6	Paranapanema 1	-	-	-	-
7	Paranapanema 2	-	-	-	-
8	Paranapanema 3	-	-	-	-
9	Paranapanema 4	-	-	-	-
10	Paraná 1	-	-	-	-
11	Paraná 2	-	-	-	-
12	Paraná 3	2	13	-	-
13	Piquiri	1	33	1	1
14	Pirapó	1	13	-	1
15	Ribeira	3	18	-	-
16	Iguaçu 1	-	1	-	-
17	Iguaçu 2	5	38	7	1
18	Iguaçu 3	4	51	4	-
19	Ivaí 1	10	28	2	-
20	Ivaí 2	-	10	-	-
21	Tibagi 1	1	10	1	-
22	Tibagi 2	-	-	-	-
Total		31	235	17	3

Fonte: A autora, adaptado de Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (2015).

(1) Situação desconhecida no período da consulta.

Na bacia hidrográfica do Iguaçu está localizada a maior parcela de usinas hidrelétricas para o suprimento energético, entre elas: Salto Santiago (1420 MW), UHE Ney Braga (1.260 MW), José Richa (1.240 MW) e Salto Osório (1.078 MW) (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO, 2015).

As bacias do Paranapanema 1, Paranapanema 2, Paranapanema 3 e Paranapanema 4 não têm previsões para a instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas, haja vista sua suficiência na geração por meio de centrais geradoras. Outros fatores que contribuem para esse desinteresse são o incentivo à agricultura, que exige grande parte do abastecimento da bacia, a recente exploração do ecoturismo e a baixa disseminação da indústria – neste caso, o abastecimento consome menos de 7% do uso total (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO, 2015).

São características socioeconômicas dessa bacia a existência de pastagens artificiais e campos naturais nos extremos leste e oeste. No noroeste da bacia do Paranapanema 4, está localizado um corredor de biodiversidade com capacidade restrita de uso do solo e dos recursos perenes (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO, 2015).

De acordo com a Carta de Distribuição das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado do Paraná (Anexo B), existem 3 projetos em construção de pequenas centrais nas bacias hidrográficas dos rios Piquiri, Pirapó e Iguaçu, a saber: (1) Cantu 2, nos municípios de Laranjal/PR e de Nova Cantu/PR, no rio Cantu, com potência prevista de 18 MW; (2) Tigre, no município de Mangueirinha/PR, no rio Marrecas, com potência prevista de 9 MW e (3) Salto Bandeirantes, nos municípios de Bandeirantes/PR e de Nossa Senhora da Graça/PR, no rio Bandeirantes, com potência prevista de 4.2 MW (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO, 2015).

O número de unidades de acordo com o *status* operacional das Centrais Geradoras Hidrelétricas e Usinas Hidrelétricas são inferidos nas Tabelas 7 e 8. As representações espaciais de *status* operacional dessas unidades de geração podem ser visualizadas nas Cartas de Distribuição das Usinas Hidrelétricas e de Distribuição das Centrais Geradoras Hidrelétricas do Estado do Paraná.

Dois projetos de Usinas Hidrelétricas estavam em execução em novembro de 2015: Salto Curucaca, localizado nos municípios de Cândói/PR e Guarapuava/PR, com potência prevista de 37.042 MW, com participação integral do particular Curucaca Geradora S.A; e a Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu, localizada no Sudeste do Estado, com potência prevista de 350.200 MW e 30% de participação da Companhia Paranaense de Energia e 70% da particular Geração Céus Azul S.A.

As três hidrelétricas com *status* de obra não iniciada possuem previsão de potência de 137.000 MW e estão localizadas nos municípios de Honório Serpa/PR, Clevelândia/PR e Tibagi/PR. O alto potencial hidroenergético leva a prever um maior aproveitamento desta fonte na bacia hidrográfica do Iguaçu, sobretudo na região do Médio Iguaçu (UTFPR, 2015). Na Tabela 7 é mostrado o *status* desses empreendimentos em novembro de 2015, período da consulta junto à Agência Nacional de Energia Elétrica.

Tabela 7 - Unidades de Usinas Hidrelétricas por *status* operacional

Cod.	Divisão	Operante	Inativa ou SDC ⁽¹⁾	Obra não iniciada	Em obra
1	Cinzas	-	-	-	-
2	Corpos d'Água	-	-	-	-
3	Ilhas	-	-	-	-
4	Itararé	-	-	-	-
5	Litorânea	1	-	-	-
6	Paranapanema 1	-	-	-	-
7	Paranapanema 2	-	-	-	-
8	Paranapanema 3	-	-	-	-
9	Paranapanema 4	-	-	-	-
10	Paraná 1	-	-	-	-
11	Paraná 2	-	-	-	-
12	Paraná 3	1	-	-	-
13	Piquiri	-	8	-	-
14	Pirapó	-	-	-	-
15	Ribeira	1	-	-	-
16	Iguaçu 1	-	-	-	-
17	Iguaçu 2	5	-	-	1
18	Iguaçu 3	3	6	2	1
19	Ivaí 1	-	8	-	-
20	Ivaí 2	-	1	-	-
21	Tibagi 1	1	2	1	-
22	Tibagi 2	-	3	-	-
Total		12	28	3	2

Fonte: A autora, adaptado de Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (2015).

(1) Situação desconhecida no período da consulta.

Os projetos de Centrais Geradoras com *status* de obra não iniciada possuem conjuntamente uma potência prevista de 3.563 MW, sendo duas instaladas no município de General Carneiro (Joaquim Fernandes Luis e Jangada II), uma no município de Antonina (Cotia) e uma no município de Clevelândia (Lontras), cuja situação operacional é inferida na Tabela 8. A bacia do Iguaçu apresenta a maior densidade paranaense de unidades hidroenergéticas, sendo que a bacia do Paraná 3 possui a maior potência instalada de 7.018.522 KW, justificada pela presença da Itaipu Binacional.

O baixo aproveitamento da bacia litorânea se dá em função da vulnerabilidade ambiental pela existência das áreas de proteção ambiental de Guaraqueçaba, de Guaratuba e do Corredor de Biodiversidade do Rio Cachoeira (UTFPR, 2015).

Tabela 8 - Unidades de Central Geradora Hidrelétrica por *status* operacional

Cod.	Divisão	Operante	Inativa ou SDC⁽¹⁾	Obra não iniciada	Em obra
1	Cinzas	-	-	-	-
2	Corpos d'Água	-	-	-	-
3	Ilhas	-	-	-	-
4	Itararé	-	-	-	-
5	Litorânea	-	-	1	-
6	Paranapanema 1	-	-	-	-
7	Paranapanema 2	-	-	-	-
8	Paranapanema 3	-	-	-	-
9	Paranapanema 4	-	-	-	-
10	Paraná 1	-	-	-	-
11	Paraná 2	-	-	-	-
12	Paraná 3	1	7	-	-
13	Piquiri	1	2	-	-
14	Pirapó	-	-	-	-
15	Ribeira	-	5	-	-
16	Iguaçu 1	-	-	-	-
17	Iguaçu 2	6	7	2	-
18	Iguaçu 3	7	5	1	-
19	Ivaí 1	3	9	-	-
20	Ivaí 2	-	-	-	-
21	Tibagi 1	-	1	-	-
22	Tibagi 2	-	-	-	-
Total		18	36	4	-

Fonte: A autora, adaptado de Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (2015).

(1) Situação desconhecida no período da consulta.

Diante disso, verifica-se que na região centro-sul do Brasil, há grande utilização dos recursos hídricos como potencial gerador de energia elétrica influenciado, de um lado por um relevo apropriado de planaltos, e de outro pelas condições do próprio desenvolvimento econômico da região (FACURI, 2004). O Paraná destaca-se pelo aproveitamento de suas bacias hidrográficas e garante o abastecimento necessário à manutenção das atividades econômicas do Estado sem risco de *déficit* energético.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Essa seção tem por objetivo descrever os procedimentos metodológicos empregados nesse estudo: Análise de Conteúdo, Método Delphi e Análise Hierárquica de Processos.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Do ponto de vista da abordagem do problema, esta pesquisa pode ser classificada como de métodos mistos, isto é, "[...] o tipo de pesquisa na qual o pesquisador ou um grupo de pesquisadores combinam elementos de abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa com propósito de ampliar e aprofundar o conhecimento e sua corroboração (JOHNSON; ONWUEGBUZIE; TURNER, 2007, p. 123). É qualitativa porque envolve aspectos subjetivos e julgamento de valor dos especialistas.

As opiniões, informações e outras observações levantadas no instrumento de coleta de dados foram traduzidas em números, com uso de técnicas estatísticas. Dalfovo, Lana e Silveira (2008, p. 7) verificam que esse método caracteriza-se pelo "emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas". Como diferencial, pode-se garantir maior precisão, conduzindo a resultados com baixas taxas de distorções.

Considerando o objetivo geral, esse estudo é de natureza descritiva, visto que foram realizados estudo, análise, registro e interpretação de fatos relacionados ao processo de expansão ou não da matriz elétrica paranaense a partir da geração de eletricidade de fonte hídrica. Vale destacar que foram utilizadas técnicas padronizadas de coleta de dados conforme os Apêndices A, B e C (BARROS; LEHFELD, 2007; GIL, 2006).

Segundo Perovano (2014), o processo descritivo também inclui o comportamento de fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Posteriormente à coleta de dados, na pesquisa descritiva é feito um exame crítico das relações entre

as variáveis de estudo, com o objetivo de se verificar quais serão os efeitos resultantes em uma empresa, um sistema de produção ou um produto.

Quanto aos procedimentos técnicos, foram empregados o estudo bibliográfico, a pesquisa documental e o levantamento de dados. Na pesquisa documental, foram utilizados relatórios de empresas públicas e privadas, anuários estatísticos, boletins e outros documentos publicados por fonte oficial do governo brasileiro ou institutos de pesquisa (GIL, 2006).

Para o levantamento de dados, foi abordado um grupo específico de profissionais ligados à área de hidroeletricidade na região do Paraná. Foram utilizados três instrumentos de coleta de dados em diferentes períodos de tempo, na seguinte sequência: Formulário 1 – Autoavaliação; Formulário 2 – Método Delphi; e Formulário 3 – Matriz Multicritério, dispostos nos Apêndices A, B e C.

4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Esta seção se propõe a expor como foram selecionadas as variáveis da pesquisa e os métodos empregados.

4.2.1 A análise de conteúdo na abordagem metodológica

A análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de instrumentos metodológicos, em constante aperfeiçoamento, que se presta a analisar diferentes fontes de conteúdos, verbais ou não-verbais (FREITAS; CUNHA JR.; MOSCAROLA, 1997). É um método refinado que exige do pesquisador rigor nas análises técnicas e nos aspectos éticos essenciais em qualquer pesquisa. Para Oliveira (2008, p. 570), a análise de conteúdo permite:

Os acessos a diversos conteúdos, explícitos ou não, presentes em um texto, sejam eles expressos na axiologia subjacente ao texto analisado; implicação do contexto político nos discursos; exploração da moralidade de dada época;

análise das representações sociais sobre determinado objeto; inconsciente coletivo em determinado tema; repertório semântico ou sintático de determinado grupo social ou profissional; análise da comunicação cotidiana seja ela verbal ou escrita, entre outros.

Na prática, a análise de conteúdo, segundo Minayo (2007), desmembra-se nas etapas de pré-análise, exploração ou codificação do material e tratamento dos resultados obtidos. Para os propósitos dessa pesquisa, especial cuidado foi tomado na fase de exploração, objetivando categorizar da forma mais precisa possível as expressões e/ou palavras significativas vinculadas ao tema da hidroenergia.

Como limites desse método, é importante destacar a necessidade de habilidade por parte do pesquisador na construção e na aplicação do instrumento de coleta de dados. No que se refere à primeira, pode surgir dificuldade em se avaliar a real importância de um tema. Nem todo tema repetido é importante e devem ser considerados temas reprimidos. Na aplicação do instrumento de coleta de dados, os respondentes devem ser amparados pelo pesquisador haja vista a diversidade de áreas de formação e as diferentes abordagens ambiental, econômica, social e institucional que envolve essa pesquisa.

Como primeiro passo, procedeu-se a seleção do grupo de palavras chave que seriam o ponto de partida para investigar trabalhos relacionados ao tema, a fim de investigar potenciais sobreposições. O critério adotado para identificação dos temas foi o grupo de palavras-chave: *hydropower* e *hidroelectricity*, associadas às expressões: *energy policy*, *sustainability*, *energy matrix*, *energy policy*, *regional development*, *growth*, *development and environment*, *economy and development*, *energy matrix*, *energy policy*.

Após o teste de aderência dos dois grupos de palavras-chave, constatou-se que o grupo *hydropower* foi o que apresentou melhores resultados em termos práticos e em consonância com o objetivo dessa pesquisa. Foram selecionados onze trabalhos de tese de pesquisadores brasileiros, cujos respectivos objetos se aproximaram do tema desta pesquisa no horizonte 2000-2014 (Quadro 1).

Os trabalhos de tese foram consultados nas bases da CAPES, UNB, USP, UNICAMP, COPPE-RJ e UFRGS. O objetivo desse procedimento foi verificar o que tem sido pesquisado nos principais programas de Planejamento Energético nacional. Considerando o alcance regional e as particularidades pretendidas nessa pesquisa,

compreender o que se tem estudado dentro da realidade nacional foi essencial para se traçar o esquema de seleção das variáveis que foram consideradas na metodologia e na matriz multicritério.

Como resultado final dessa etapa, pôde-se inferir que não foi encontrada nenhuma pesquisa com a mesma abordagem sugerida nessa tese, de modo que não há sobreposição ou duplicidade. Das discussões e considerações finais dos estudos já defendidos e aprovados pelas instituições relacionadas, procurou-se extrair os principais elementos (tratados e classificados a *posteriori* como critérios, subcritérios e variáveis) que servirão de base para a construção da matriz multicritério.

Na próxima etapa, a fim de simplificar o entendimento da relação entre as dimensões da energia e os assuntos abordados em cada uma delas, construiu-se o Quadro 5, conforme segue:

continua

Ambiental	Econômica	Social	Institucional
Impactos negativos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos	Altos investimentos exigidos pelas hidrelétricas	Patrimônio cultural	Fortalecimento das instituições de apoio e fomento ao desenvolvimento tecnológico
Patrimônio ambiental	Alta remuneração da energia oriunda dos combustíveis fósseis	Estilo de vida de baixo consumo energético	Instituições ambientais impostas exogenamente
Matriz energética pouco diversificada	Atual modelo energo-intensivo adotado pelos países em desenvolvimento	Desterritorialização	Planejamento estatal x políticas sociais e ambientais
Segurança energética das hidrelétricas	Impactos regionais da política tarifária do setor elétrico	Concentração urbana próxima aos empreendimentos hidrelétricos	Atual estrutura burocrática e institucional
Alta participação da hidroenergia na matriz elétrica nacional	Possibilidade de exaustão física e econômica das reservas hídricas	Manipulação da opinião pública	Ambiente político institucional
Extensão da lógica de preservação ambiental	Desigualdade socioeconômica	Alteração das estruturas sociais	Corporativismo das ações empresariais
Manipulação das avaliações prévias	Influência da tecnologia para o aumento da eficiência	Rompimento do equilíbrio social e ambiental	Medidas regulatórias
Grau de desenvolvimento energético	Parâmetros de intensidade energética	Constituição de uma rede sócio-técnica	Influência das políticas regionais na constituição de arranjos institucionais

Quadro 5 - As multidimensões da energia e os principais temas abordados nos trabalhos de tese

conclusão

Ambiental	Econômica	Social	Institucional
Potencial redução de vazão dos rios brasileiros	Aumento dos riscos econômicos para as empresas geradoras de energia elétrica pelos impactos negativos das MCG (*)	-	-

Quadro 5 - As multidimensões da energia e os principais temas abordadas nos trabalhos de tese
Fonte: Quadro 1.

Utilizando-se a mesma palavra-chave, em particular a palavra *hydropower*, foram mapeados os artigos produzidos pelos dez países considerados os maiores produtores domésticos de energia hidrelétrica segundo a Agência Internacional de Energia (2013, p. 19). Atualmente, 29 países estão vinculados a essa agência, que tem por missão trabalhar para garantir energia confiável, acessível e limpa (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2014).

De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Energético (2014), China, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Rússia e Noruega detêm quase 60% da hidroeletricidade produzida no mundo. Em ordem de participação percentual em geração de fonte hídrica, têm-se: Noruega, 95,3%; Brasil, 80%; Venezuela, 68,6%; Canadá, 59%, Suécia, 44,3%; Rússia, 15,9%; China, 14,8%, Índia, 12,4%, Japão, 8,7%, EUA, 7,9% e demais países não classificados respondem por 29,7% (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2013, p. 19).

A Tabela 9 mostra um resumo do que se encontrou em produção científica relacionada ao tema *hydropower* junto aos dez maiores produtores domésticos de energia hidrelétrica. Esta pesquisa ocorreu junto às bases de dados da CAPES, Scielo, Scopus, SCIVERSE e Google Acadêmico, no período entre novembro de 2013 e agosto de 2014. Os principais autores selecionados foram Thorvald (2007), Fridleifsson (2010); Flanders et al. (2009), Macfarlane (2007), Gasho e Stepanova (2013), Tsoutsos, Efpraxia e Mathioudakis (2007) e Kaldellis, Kapsali e Katsanou (2012).

Cabe observar que, a despeito de o mapeamento apresentar um número satisfatório de artigos produzidos em hidroenergia, um número reduzido está diretamente relacionado à temática dessa pesquisa. Ao se analisar o conteúdo da produção de países como Venezuela e Japão, não se encontrou relação direta com a temática ora proposta. No caso da Federação Russa e da China, os trabalhos que poderiam

colaborar nessa tese foram encontrados disponíveis somente na respectiva língua vernácula de seus países.

O Quadro 6 foi elaborado com a finalidade de se identificar nas dimensões da energia as variáveis de estudo encontradas somente nos artigos do Canadá, Noruega, Federação Russa, China, Índia e Estados Unidos, perfazendo o total de 23 documentos revisados.

Com base nessas produções, apreendeu-se que a Noruega, Canadá e Brasil possuem sistemas de energia similares e integrados. O Canadá mantém o seu setor elétrico estatal, a Noruega partiu para um experimento mantendo todo o seu setor elétrico estatal competindo entre si, enquanto que no Brasil está em curso um processo misto entre gestão estatal e privada (FRIDLEIFSSON, 2010).

Tabela 9 - Produção científica relacionada ao tema *hydropower* entre os 10 maiores países produtores em hidroenergia

País	Universo total de artigos a partir do Grupo (2) de Palavras-chave	Número total de artigos relacionados <i>hydropower</i> próximos ao tema da pesquisa	Número total de artigos efetivamente relacionados e utilizados nas referências
Noruega	82	06	03
Venezuela	08	03	-
Canadá	256	08	06
Suécia	57	04	-
Federação Russa	34	05	01
China	792	11	02
Índia	322	15	05
Japão	112	04	-
Estados Unidos	105	07	06
Brasil	111	65	23
Total de artigos considerados na seleção de variáveis da matriz multicritério em proposição			42

Fonte: Scopus, Scielo, Portal Capes, SCIVERSE, Science Direct, Google Acadêmico (2000-2014).

Ambiental	Econômica	Social	Institucional
Mudanças climáticas Energias sustentáveis Desenvolvimento limpo Externalidades Concessão de licenças e/ou autorizações especiais Pequenas Centrais Hidrelétricas	<i>Trade-off</i> entre economia e sustentabilidade Infraestrutura de energia	Impactos e riscos sociais Realocação de populações Aspectos culturais e sua influência na sustentabilidade	Segurança energética Política energética Estratégias de sustentabilidade Eficiência energética Marco regulatório

Quadro 6 - As multidimensões da energia e os temas abordados em artigos científicos do Canadá, Noruega, Federação Russa, China, Índia e Estados Unidos
Fonte: A autora (2014).

A principal barreira enfrentada à implementação de projetos para aproveitamento hídrico no Canadá e na Noruega está relacionada à concessão de licenças ambientais. O licenciamento nesses países hoje é considerado um entrave institucional relevante. Notadamente, as instituições norueguesas são bastante rígidas no processo de licenciamento ambiental, contudo as análises de relação custo-benefício continuam sendo o principal critério de orientação dos investidores (FRIDLEIFSSON, 2010).

A concentração de pequenas centrais hidrelétricas igualmente geram externalidades negativas. Essa inquietação já foi observada em recentes artigos e publicações brasileiras e na obra do professor José Goldemberg, *Energia e Desenvolvimento Sustentável* (2010). Na China, segundo Cernea (2004), Brown e Magee (2008), e na Índia, de acordo com Bhattacharjee (2005), onde se verificam bolsões de pobreza, nota-se que existe uma preocupação com resultados que beneficiem a população local com a implantação de PCHs. Nesses países, a segurança energética e o acesso à energia são considerados parte de políticas de minimização das desigualdades.

Países como a Grécia, por exemplo, também discutem a questão da sustentabilidade energética no âmbito de políticas públicas, como tratado no artigo de Kaldellis, Kapsali e Katsanou (2012). O objetivo do estudo foi conhecer a aceitabilidade social para aplicações de fontes de energias renováveis como parques eólicos, pequenas centrais hidrelétricas e energia solar. Ficou evidente nesse trabalho a importância do papel do Estado na remoção das barreiras burocráticas, no reforço do atual quadro legislativo e a persistência ou mesmo melhoria dos instrumentos de política energética existentes. Nota-se que a expansão da hidroeletricidade é reconhecida, mas que

outras fontes renováveis devem ser empregadas para o alcance das metas de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Outro estudo grego que apontou as Pequenas Centrais Hidrelétricas como potenciais plantas que possam resolver o problema de abastecimento de forma sustentável é o artigo de Tsoutsos et al. (2009), que critica a postura do governo europeu em não considerar as Pequenas Centrais no planejamento energético. No entendimento dos dirigentes de alguns países da União Europeia, esses empreendimentos exercem impactos socioambientais indesejados, além do que a regulação na Europa limita a disseminação e a compreensão dos benefícios da energia hidrelétrica.

Na esteira dos demais países com grande produção de energia de fonte hídrica, na Grécia o processo de licenciamento é burocrático e falta melhor entendimento jurídico sobre os reais benefícios da energia produzida em pequenas plantas hidrelétricas. Esses empreendimentos devem obedecer aos princípios de sustentabilidade, fundamentado no conceito de desenvolvimento econômico em suas três dimensões básicas: amparo social, justo retorno econômico e preservação do meio ambiente (TSOUTSOS et al., 2009).

Para a construção do Quadro 7, empregou-se a produção científica de autores brasileiros em estudos relacionados a geração de fonte hídrica e temas afins. Os trabalhos selecionados não esgotam o tema e novas contribuições foram agregadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

continua

Ambiental	Econômica	Social	Institucional
No Brasil existem condições geográficas e topográficas adequadas. Recursos hidrelétricos da região Sul em construção ou operação estão praticamente aproveitados. Ausência de um sistema de gerenciamento eficaz das barragens. Caráter intermitente e/ou sazonal das fontes alternativas de energia.	Alto potencial <i>per capita</i> de produção hidrelétrica. O negócio da energia movimento 8% do PNB. A indústria brasileira é energointensiva. A tecnologia é simples e amplamente dominada. Competitividade de custos da oferta é uma variável importante e um dos principais objetivos da política energética.	Efeito dos impactos globais e dos direitos difusos. Intensificação dos movimentos sindicais. Análise dos riscos sociais e culturais. Força do MAB. Relocação indiscriminada de agrupamentos. No Brasil, a construção das usinas pode ser feita com 100% de fornecimento e serviços nacionais.	Desejável maior alcance regional para a política energética. <i>Tradeoff</i> entre interesses privados e públicos. A conjuntura atual do planejamento da EPE aponta para interesses na base econômica e política do governo. Necessário um aparato institucional para que os recursos naturais possam ser transformados em soluções concretas.

Quadro 7 - As multidimensões da energia e os temas abordados em artigos científicos do Brasil

conclusão

Ambiental	Econômica	Social	Institucional
Menor densidade energética das fontes alternativas quando comparadas com a hidroeletricidade.	Custo de oportunidade da revitalização ou ampliação UHE, PCH. Baixos custos operacionais. Independência em relação aos preços combustíveis fósseis.	UHE/PCH vetores do desenvolvimento regional. Conflitos no setor elétrico.	As políticas de eficiência energéticas são insuficientes para atender o crescimento anual da demanda de eletricidade. Falta de coordenação entre as áreas do governo e o setor elétrico nacional.

Quadro 7 - As multidimensões da energia e os temas abordados em artigos científicos do Brasil
 Fontes: Conceição e Cal Seixas (2013); Sauer (2013); Ventura Filho (2013); Augusto et al. (2012); Moretto et al. (2012); Bermann (2007); Tolmasquim (2012; 2005); Hage (2012); Naime (2012); Cerveira Filho (2012); Castro, Leite e Dantas (2011); Cruz e Silva (2010); Vichi e Mansor (2009); Sevá Filho (2008); Helm (2007); Pires, Fernandez e Bueno (2006); Goldemberg e Moreira (2005) e Bursztyn (2001).

A partir do exposto nos Quadros 5, 6 e 7, foram selecionados os critérios, subcritérios e definidas as variáveis inicialmente propostas a serem validadas pelos especialistas conforme proposto na Metodologia Delphi. Esquemáticamente, a Figura 3 mostra a sequência da primeira etapa da construção da matriz multicritério. A posterior aplicação do Método Delphi junto aos especialistas selecionados para a pesquisa é que responderá se tais elementos são os mais adequados aos propósitos de tomada de decisão em manter ou expandir a hidroenergia no Estado do Paraná.

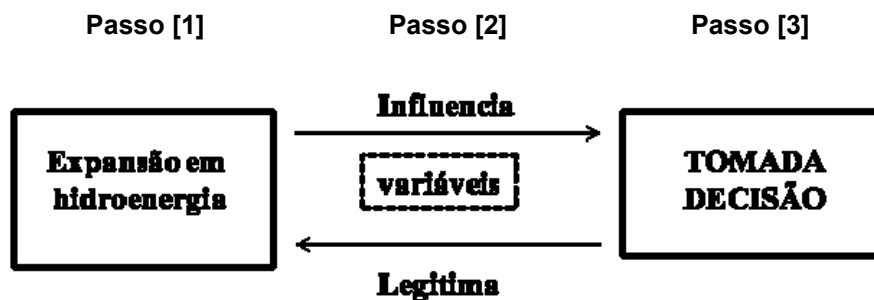


Figura 3 - Hidroenergia paranaense: processo de seleção dos critérios, subcritérios e variáveis da matriz multicritério

Fonte: A autora (2014).

NOTA: Expansão em hidroenergia no Estado do Paraná: tomada de decisão referente à manutenção ou não da hidroenergia a partir das dimensões ambiental, econômica, social e institucional.

Sinteticamente, a Figura 4 mostra a segunda etapa do processo de *design* do Quadro 9 com base nos pressupostos do Processo Analítico Hierárquico, também conhecido como Método AHP. Os critérios do nível 1 afetam significativamente as

dimensões da energia de forma integral e expressam as preferências dos *policy makers* na tomada de decisão.

Foram levantados na literatura dez principais critérios. Os subcritérios do nível 2 referem-se aos elementos que são fortemente influenciados pelos critérios estabelecidos no nível 1. Para este nível foram selecionados dezenove subcritérios que servem de partida para se estruturar o nível 3. As variáveis do nível 3 correspondem aos efeitos positivos ou negativos sobre cada dimensão da energia e podem orientar na escolha entre a manutenção ou transição para outra fonte de geração de energia elétrica. Foram identificadas 48 alternativas possíveis para o nível 3.

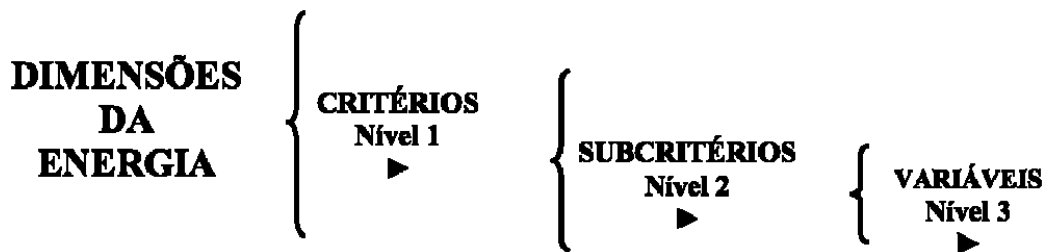


Figura 4 - Decomposição do problema da matriz multicritério
Fonte: A autora (2015).

4.2.2 Seleção das Variáveis da Matriz Multicritério

O Quadro 9 foi construído a partir da aplicação da técnica de análise de conteúdo e conforme a estrutura metodológica mostrada no Quadro 8 conforme visto em Oliveira (2008):

Tema	Categoria	Subcategoria	Unidade de análise	Contexto
A expansão ou manutenção de projetos hidrelétricos no Paraná	Dimensão da energia	Critérios Subcritérios Variáveis	Teses de autores brasileiros Artigos de autores internacionais e nacionais	Legislação Brasileira Geração de Eletricidade Políticas Públicas Setor Elétrico Nacional Política Energética

Quadro 8 - Estrutura da análise de conteúdo
Fonte: A autora (2015).

No intuito de não inviabilizar a coleta de dados optou-se por limitar o número de elementos de cada nível da matriz multicritério. Outra restrição diz respeito a consistência das matrizes. Com o acréscimo de variáveis aumenta-se a probabilidade de erro de julgamento por parte dos especialistas, e, portanto, maior a possibilidade de inconsistências, em especial no nível 3, onde foram estruturadas matrizes com $n > 10$. E por fim, o caráter voluntário de participação do especialista também foi considerado ao se delimitar o tamanho da matriz multicritério dessa pesquisa.

continua

Dimensão	Critério Nível 1 ▼	Subcritério Nível 2 ▼	Variáveis Nível 3 ▼
DIMENSÃO AMBIENTAL	Impactos ambientais	Riscos de fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ capacidade de carga dos recursos hídricos ▪ aumento de temperatura ▪ alteração nível pluviométrico ▪ densidade energética
		Qualidade ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poluição da água ▪ erosão do solo ▪ impactos sobre a flora e fauna ▪ impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos ▪ alteração da paisagem
	Segurança energética	Emissões de CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aumento do efeito estufa ▪ poluição do ar
DIMENSÃO ECONÔMICA	Viabilidade econômica	Rentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ amortização investimento (t) ▪ liquidez ou solvência ▪ resultado do exercício
	Custos da energia	Estrutura dos custos físicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ custo de geração (MWh) ▪ custo de transmissão (MWh)
		Custo de oportunidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potencial de exaustão econômica das reservas hídricas ▪ aporte em combustíveis fósseis ▪ horizonte do planejamento do projeto (t)
	Potencial hidrelétrico existente	Empreendimentos Hidrelétricos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potencial teórico (GW) ▪ potencial econômico (R\$) ▪ potencial aproveitável (GW)
	Geração de Renda	Postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> ▪ diretos (un) ▪ indiretos (un)
Acesso à energia	Consumo <i>per capita</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ consumo das famílias (KWh) ▪ consumo das empresas e instituições (KWh) 	

Quadro 9 - Elementos da matriz multicritério

conclusão

Dimensão	Critério Nível 1 ▼	Subcritério Nível 2 ▼	Variáveis Nível 3 ▼
DIMENSÃO SOCIAL	Desterritorialização	Deslocamento de populações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ acesso aos serviços de infra ▪ demanda de aluguel de imóveis ▪ demanda de compra de imóveis ▪ políticas de apoio às populações afetadas pelas hidrelétricas
		Destruição do patrimônio cultural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ perda de idiossincrasia⁽¹⁾ ▪ relocação indiscriminada de grupos ou comunidades locais
		Geração de subpolíticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ efeito dos impactos globais e os direitos difusos em pauta⁽²⁾ ▪ expansão e ação do movimento dos atingidos pelas barragens
DIMENSÃO INSTITUCIONAL	Papel do Estado	Políticas Públicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fontes de financiamento hidroenergia ▪ n.º de projetos de P&D autorizados e em execução
	Política Energética	Viabilidade Jurídica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ concessão de licenças ▪ disputas políticas regionais ▪ expansão ou reativação das UHEs ▪ expansão ou reativação das PCHs
		Eficiência Energética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ economia gerada (GWh)
		ANEEL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ legislação específica
	Política Ambiental	Geração de recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ política hídrica do PR ▪ modelo de cobrança do uso da água
		Reorientação espacial ou geográfica das UHE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potência instalada em UHE ▪ potência instalada em PCHs ▪ n.º licenças concedidas

Quadro 9 - Elementos da matriz multicritério

Fonte: Quadros 5, 6 e 7.

Nota: No nível 3 foram tratadas as invariantes relativas ao nível 1.

(1) Rompimento e perda de valores, costumes, religião e a tradição local (SANTOYO, 2012).

(2) Conceito de impacto global e direito difuso refere-se a noções do que pode acontecer ou não, em termos locais e regionais, devido à implantação de um projeto hidrelétrico (HELM, 2007).

4.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO OBJETO DE ESTUDO

O estudo abrangeu o levantamento teórico e a validação pelo critério de especialistas (Técnica Delphi) de 48 (quarenta e oito) variáveis distribuídas em 4 (quatro) dimensões da energia: ambiental, econômica, social e institucional. Essas variáveis, de acordo com o referencial teórico, podem afetar direta ou indiretamente o processo

de tomada de decisão na expansão do parque hidroenergético do Estado do Paraná, o que foi julgado pelos especialistas participantes desse estudo.

Em Crespo (2007), verificou-se que um especialista ou *expert* é um indivíduo ou um grupo de pessoas, ou ainda de organizações, capaz (es) de oferecer julgamentos conclusivos acerca de um problema em discussão e de propor recomendações com o máximo de fundamento técnico e competência. De acordo com esse autor, o especialista necessariamente deve ser de fonte confiável e possuir absoluto domínio sobre o tema. O objetivo final é que ele possa oferecer uma análise crítica com a máxima competência possível sobre a matéria que está sendo consultada no intuito de desenhar cenários futuros.

Na seleção dos especialistas, foram consideradas as premissas de Linstone e Turoff (2002) e Crespo (2007), que se baseiam no procedimento de autoavaliação segundo o qual os próprios especialistas avaliam suas competências e fontes que permitam argumentar e sustentar suas opiniões a respeito do tema. Foi considerado especialista nesse estudo o sujeito que atua ou atuou em alguma empresa do segmento do setor elétrico paranaense (empresas privadas, públicas ou mistas), autarquias, conselhos, associações e universidades, inclusive aquelas vinculadas a licenciamento ambiental.

A diversidade de formação dos especialistas também é recomendada por Olabuénaga e Ispizua (1989) e atendeu à necessidade de conhecimento nas distintas dimensões da energia que são tratadas nessa pesquisa. Para a coleta das informações, foi utilizado o *Formulário Questionário de Auto Avaliação dos Especialistas (experts)* – Apêndice A. O coeficiente de competência de cada participante foi medida com base no critério de Crespo (2007), mediante o cálculo do coeficiente de competência (K_{comp}), formado a partir do coeficiente de conhecimento (K_c) e o coeficiente de argumentação ou fundamentação (K_a), e medido por meio da expressão:

$$K_{comp} = \frac{1}{2}(K_c + K_a)$$

Onde:

K_c = Coeficiente de conhecimento que o especialista possui sobre o tema analisado, determinado a partir de sua autoavaliação. Para ele, é solicitado que valere seu conhecimento sobre o tema estudado numa escala de 0 – 10, onde 0 significa que o especialista não detém conhecimento algum sobre o tema e 10 significa o domínio e conhecimento plenos. O valor localizado na escala é multiplicado por 0,1 para a obtenção de um valor relativo.

K_a = Coeficiente de argumentação ou fundamentação, obtido pela informação fornecida pelo especialista sobre o grau de influência (alto, médio ou baixo) que ele possui, segundo seu próprio critério para cada fonte relacionada.

O valor deste coeficiente refere-se à soma dos critérios obtidos a partir dos diferentes graus de influência considerados pelo especialista para cada um dos argumentos, de acordo com a Tabela 10. O coeficiente de competência dos especialistas foi calculado a partir dos dados obtidos em K_c e K_a , resultando na seguinte escala para sua interpretação: se $0,8 \leq K_{comp} < 1,0$ o coeficiente de competência se considera alto; se $0,5 \leq K_{comp} < 0,8$ o coeficiente de competência se considera médio; se $K_{comp} < 0,5$ o coeficiente de competência se considera baixo.

K_c = Coeficiente de conhecimento que o especialista possui sobre o tema

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 10 - Pontuação do *Expert*

COEFICIENTE de conhecimento sobre tema (KC)				K_c
Argumentos/Grau de Influência	Alto	Médio	Baixo	TOTAL
(a) Análise teórica realizada por você	0,30	0,20	0,10	
(b) Sua experiência prática	0,50	0,40	0,20	
(c) Estudo de trabalhos de autores nacionais	0,05	0,04	0,03	
(d) Estudo de trabalhos de autores estrangeiros	0,05	0,04	0,03	
(e) Seu próprio conhecimento sobre o tema no Brasil e no Paraná	0,05	0,04	0,03	
(f) Sua intuição	0,05	0,04	0,03	

Fonte: Crespo (2007).

Tabela 11 - Exemplo de tabulação de dados do Formulário 1: Autoavaliação

COEFICIENTE de conhecimento sobre tema (KC)				0,8
Argumentos/Grau de Influência	Alto	Médio	Baixo	TOTAL
(a) Análise teórica realizada por você	0,30	0,20	0,10	
(b) Sua experiência prática	0,50	0,40	0,20	
(c) Estudo de trabalhos de autores nacionais	0,05	0,04	0,03	
(d) Estudo de trabalhos de autores estrangeiros	0,05	0,04	0,03	
(e) Seu próprio conhecimento sobre o tema no Brasil e no Paraná	0,05	0,04	0,03	
(f) Sua intuição	0,05	0,04	0,03	
K_{comp} (coeficiente de competência)	1,00			0,90

Fonte: Crespo (2007).

Nota: $K_c = 1/2 * (0,8 * 1,0) = 0,90$, que significa um coeficiente de competência alto para o respondente 5, dado $0,8 \leq K_{comp} < 1,0$.

4.4 O MÉTODO DELPHI OU CRITÉRIO DE ESPECIALISTAS

Para validar e/ou ampliar o número das alternativas desse estudo, foi utilizado o Método Delphi com a participação de profissionais de formação multidisciplinar que atuam em universidades como professores e pesquisadores, gestores em empresas de economia privada (autogeração), economia mista, autarquias, conselhos e associações, que estão diretas e indiretamente exercendo atividades relacionadas ao tema (geração de energia a partir de fonte hidráulica). Especialistas de diferentes formações e áreas de atuação deverão garantir maior heterogeneidade na obtenção de consenso de opiniões entre os participantes.

O Método Delphi foi desenvolvido no final da década de 1940, com base nos trabalhos dos matemáticos Olaf Helmer e Theodore J. Gordon, com a finalidade de criar um instrumento para realizar predições sobre um possível caso de catástrofe nuclear (ANTUNES, 2014). A partir da década de 1960, essa técnica passou a ser amplamente difundida e frequentemente utilizada como um sistema para mapear o futuro (ANTUNES, 2014).

De sua parte, Hott e Acuna (1990, p. 1) defendem que "o Delphi pode ser caracterizado como um método para estruturar o processo de comunicação grupal,

de modo que esta seja efetiva para permitir a um grupo de indivíduos, como um todo, tratar com problemas complexos".³¹

Esse método baseia-se no princípio da inteligência coletiva e tenta alcançar um consenso de opiniões expressadas individualmente por um grupo de pessoas selecionadas, cuidadosamente, como especialistas (*experts*) qualificados. De acordo com Bravo Estévez e Gallastegui (2005, p. 3), "a seleção do grupo de especialistas deve considerar pessoas com reconhecida competência e experiência no campo de estudo para garantir a confiabilidade dos resultados".³² Em Olabuénaga e Ispizua (1989), verifica-se que o número de participantes para uma rodada com a utilização do método da Técnica Delphi deve oscilar entre dez e trinta pessoas. Dado o esforço que requer a aplicação desse método, os autores ressaltam que é preferível selecionar um grupo reduzido de especialistas, desde que esteja assegurada a participação de especialistas com opiniões e visões divergentes sobre o tema (OLABUÉNAGA; ISPIZUA, 1989).

Na literatura sobre Delphi, verifica-se que não existe consenso na academia sobre o número ideal de participantes, de modo que autores como Delbecq, Van de Ven, e Gustafson (1975), Fink et al. (1991), Hasso, Keeney e McKenna (2000) e Vergara (2008) sugerem que o número de especialistas deve variar de acordo com o âmbito do problema e dos recursos disponíveis para a aplicação da técnica. No entanto, autores como Malla e Zabala (1978) definem entre 15 – 20 especialistas; León e Montero (2004), entre 10 – 30; Gordon (1994), 15 – 35; Landeta (2002), 7 – 30 e Skulmoski (2007) entre 10 – 15.

O Delphi consiste na repetição sucessiva de um questionário, cujo objetivo é a obtenção de uma validação de indicadores propostos garantindo a opinião dos resultados da média da rodada anterior, aplicando-se cálculos estatísticos. Note-se que deve ser garantido o anonimato dos participantes de forma que nenhum especialista conheça a identidade dos outros que compõem o grupo, o que lhe garante a defesa

³¹ Tradução livre de: "*el Delphi puede ser caracterizado como un método para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que esta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos*" (HOTT; ACUNA, 1990, p. 1).

³² Tradução livre de: "*La selección del grupo de expertos a encuestar: personas conocedoras, con reconocida competencia y con experiencia en el tema que garantiza la confiabilidad de los resultados, creativos e interesados en participar*" (BRAVO ESTÉVEZ; GALLASTEGUI, 2005, p. 3).

de seus argumentos com plena tranquilidade e segurança (PARISCA, 1995; BRAVO ESTÉVEZ; GALLASTEGUI, 2005).

Outro aspecto distinto é a retroalimentação controlada (*feedback*) ao se apresentar várias vezes o mesmo questionário, de forma que os especialistas possam mudar de opinião se os argumentos apresentados lhes parecerem apropriados. Observa-se que a resposta do grupo é apresentada em forma estatística e corresponde ao grau de consenso que se obteve durante as rodadas de apresentação dos questionários (JAIMES, 2009).

O Método Delphi é eficaz na redução da pressão do grupo, elimina a influência de interação pessoal, resolve problemas associados a discussões abertas, não faz necessária a constituição formal de um grupo e o erro de predição em um tema é sempre menor que a média das opiniões individuais dos especialistas, associando-se a ele a ideia de um procedimento bem definido e estruturado (FLORES; GÓMEZ-LIMÓN, 2006). A sua aplicação garante um adequado consenso de critérios, de conhecimento e de informação sobre a base de uma visão coletiva na obtenção de resultados, o que o distingue de qualquer prática individual ou simples incorporação de julgamentos individuais ante um problema determinado (SANTOYO, 2012).

Como limitações, observa-se que os resultados podem apresentar a opinião de um grupo particular, o que pode resultar em um viés; há possibilidade de não obtenção de diversidade de ideias, dadas as características técnicas que compõem o perfil dos participantes; a sua aplicação demanda um longo tempo para a obtenção de resultados e as opiniões extremas podem sofrer pressão para o alcance da convergência (JAIMES, 2009).

Em Wright e Giovinazzo (2000, p. 55) observou-se que o Método Delphi tem sido utilizado na "busca de ideias e estratégias para a proposição de políticas organizacionais mais gerais". Esta nova forma de utilização do Delphi é vista como uma técnica de apoio à decisão e à definição de políticas institucionais, popularmente conhecidas como Policy Delphi (Delphi de Políticas).

4.5 O PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP)

Um dos métodos multicritério de maior aceitação é o Processo Analítico Hierárquico (AHP), desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty para resolver problemas de complexidade de múltiplos critérios. A proposição permite que o agente decisor possa estruturar um problema multicriterial em forma visual por meio da construção de um modelo hierárquico que, de forma elementar, contenha três níveis: meta ou objetivo, critérios e alternativas (SAATY, 1997).

O Processo Analítico Hierárquico é utilizado para ordenar hierarquicamente um conjunto de preferências, possibilitando a comparação binária e a atribuição de valores numéricos a juízos subjetivos, sintetizando-os e agregando soluções parciais em uma única solução. O método possibilita organizar a informação correspondente a um problema de decisão, fazer a sua decomposição e analisá-lo por partes, visualizando os efeitos diante de mudanças nos níveis (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, 2007).

Turón e Moreno-Jimenez (2004) afirmam que o método possui três etapas fundamentais: a modelação e a análise hierárquica nas quais se incorporam os elementos principais de um problema; a emissão de juízos de valor mediante comparações em pares – medidas de acordo com a escala proposta por Saaty (1980); e priorização e síntese, quando se calculam as prioridades locais com a utilização de qualquer um dos procedimentos de priorização existentes.

Basicamente, a análise se fundamenta na estruturação de um modelo hierárquico que representa o problema em estudo e, posteriormente, a comparação binária entre os elementos. O resultado é sustentado matematicamente pelo método, viabilizando: (a) a possibilidade de se esgotar e analisar problemas em partes, (b) a medição de critérios qualitativos e quantitativos utilizando-se uma escala comum, (c) a possibilidade de se verificar o Índice de Consistência (IC) e, finalmente (d) a geração do processo de síntese e análise de sensibilidade (SANTOYO, 2012).

Em Saaty (1990) e Murphy (1993), verifica-se que o método trata diretamente com pares ordenados de prioridades de importância, preferência ou probabilidade de pares de elementos, em função de um atributo ou critério comum, representado diretamente na hierarquia da decisão. A tomada de decisão em grupo é possível mediante a agregação de opiniões que sejam satisfeitas em uma relação recíproca

ao se comparar dois elementos. Nos casos em que o grupo é formado por *experts*, cada um elabora sua própria hierarquia e o Processo Analítico Hierárquico combina os resultados (SAATY, 1990; MURPHY, 1993). A informação que se demanda, neste caso, é respondida por uma matriz quadrada que contém comparações pareadas de alternativas e critérios, conforme mostrado no Quadro 10, onde se representa uma escala para distinguir as preferências que podem ser estabelecidas entre duas alternativas.

Escala Numérica	Escala verbal	Explicação
1	Igual importância.	Os dois elementos contribuem igualmente à propriedade ou critério.
3	Moderadamente mais importante um elemento que o outro.	O julgamento e a experiência prévia favorecem a um elemento frente ao outro.
5	Fortemente mais importante um elemento que o outro.	O julgamento e a experiência prévia favorecem fortemente a um elemento frente ao outro.
7	Muito mais forte a importância de um elemento do que o outro.	Um elemento domina fortemente. O domínio está comprovado com a prática.
9	Importância extrema de um elemento.	Um elemento domina o outro com maior ordem marginal possível.
2;4;6;8	Importância intermediária.	Valor intermediário casa a classificação adotada se enquadre entre as importâncias definidas.

Quadro 10 - Escala fundamental de comparações pareadas
 Fonte: Adaptado de Saaty (1980); Saaty (1980); Aznar e Estruch (2007).

Em relação a esta análise, quando se comparam as alternativas duas a duas utilizando somente um critério e fazendo uso da escala fundamental de comparação, obtêm-se matrizes quadradas ($A = a_{ij}$). Essas matrizes devem cumprir com as propriedades de reciprocidade, homogeneidade e consistência (AZNAR; ESTRUCH, 2007).

Neste caso, A é uma matriz $n \times n$, onde a_{ij} é a medida subjetiva da importância relativa do critério i frente ao critério j , segundo a escala normalizada de 1 (a mesma importância) a 9 (absolutamente importante), na qual se atribuem os juízos relativos sobre critérios ou atributos. Se a_{ij} é o elemento (i,j) de A para $i = 1,2... n$ e $j = 1,2... n$, então se pode dizer que A é uma matriz de comparação pareada de n critérios, se a_{ij} é a medida de preferência do critério da fila i quando se compara com o critério da coluna j . Quando $i = j$, o valor de a_{ij} será igual a 1, pois se está comparando o critério consigo mesmo (SAATY, 1994; SANTOYO, 2012).

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Para $a_{ij} * a_{ji} = 1$ se tem a matriz, a seguir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Para Santoyo (2012), o Processo Analítico Hierárquico é fundamentado nos axiomas relacionados na Figura 5:

Comparação recíproca	Refere-se à condição de juízos recíprocos. A intensidade da preferência de a_i/a_j é inversa à preferência de a_j/a_i , ou seja, se A é uma matriz de comparações pareadas, cumpre-se que $a_{ij} = 1/a_{ji}$.
Homogeneidade	Refere-se à condição de homogeneidade dos elementos que se comparam em uma mesma ordem de magnitude ou hierarquia.
Dependência	Refere-se à condição de estrutura hierárquica ou estrutura dependente de reaproveitamento. Dependência entre os elementos de dois níveis consecutivos e dentro de um mesmo nível.
Expectativas	Referente à condição de expectativas de ordem de intervalo. As expectativas devem estar representadas numa estrutura em termos de critérios e alternativas.

Figura 5 - Axiomas da Análise do Processo Hierárquico

Fonte: Adaptado de Santoyo (2012).

Uma vez que se tenha a matriz de comparação por pares, o próximo passo consiste no cálculo da prioridade de cada um dos elementos que se comparam. Este processo é conhecido matematicamente como priorização e síntese (AGUARÓN;

MORENO-JIMÉNEZ, 2003). Este procedimento requer o cálculo de determinados valores que formam os vetores associados a cada matriz de comparação pareada. Este resultado se faz necessário para obter a matriz de comparação pareada normalizada e, logo, seu vetor correspondente próprio.

Uma matriz de comparação pareada e normalizada se obtém dividindo-se cada a_{ij} entre o valor total de sua somatória por coluna conforme exposto por Santoyo (2012):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} A_{Normalizada} = \begin{pmatrix} \frac{1}{S_1} & \frac{a_{12}}{S_2} & \dots & \frac{a_{1n}}{S_n} \\ \frac{a_{21}}{S_1} & \frac{1}{S_2} & \dots & \frac{a_{2n}}{S_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{S_1} & \frac{a_{n2}}{S_2} & \dots & \frac{1}{S_n} \end{pmatrix}$$

$$\text{Onde: } S_1 = \sum_{i=1}^n (1 + a_{21} + \dots + a_{n1}) \quad S_2 = \sum_{i=1}^n (a_{12} + 1 + \dots + a_{n2}) \quad S_n = \sum_{i=1}^n (a_{1n} + a_{2n} + \dots + 1)$$

A *posteriori*, para obter-se o vetor de prioridades correspondentes às alternativas em função do critério analisado, calcula-se a média aritmética para cada fila ou alternativa da matriz de comparação pareada normalizada, obtendo-se desta forma o vetor próprio correspondente de ordem $n \times 1$ (ROCHA; VEJO, 2005). O procedimento matemático de obtenção do vetor próprio em matrizes de comparação pareadas associadas a juízos subjetivos apresenta uma natureza simples, tal como segue (SANTOYO, 2012):

$$v_{ai} = \begin{pmatrix} v_{11} = \left(\sum_{j=1}^n (a_{11 \text{ Norm}} + a_{12 \text{ Norm}} + \dots a_{1n \text{ Norm}}) \right) / n \\ v_{21} = \left(\sum_{j=1}^n (a_{21 \text{ Norm}} + a_{22 \text{ Norm}} + \dots a_{2n \text{ Norm}}) \right) / n \\ \vdots \\ v_{n1} = \left(\sum_{j=1}^n (a_{n1 \text{ Norm}} + a_{n2 \text{ Norm}} + \dots a_{nn \text{ Norm}}) \right) / n \end{pmatrix}$$

Neste sentido, o vetor próprio que se obtém v_{ai} da matriz que se analisa representa a importância ou a ponderação de cada uma das alternativas correspondentes ao critério considerado.

Santoyo (2012) mostra que a comparação por pares é utilizada para a obtenção de juízos sobre a importância e intensidade de um componente frente a outro. A priorização é desenvolvida considerando somente esse propósito, no qual se obtém os valores que compõem o vetor próprio que responde diretamente às ponderações oferecidas pelos especialistas ante cada alternativa ou componente.

Com respeito à qualidade da decisão, deve-se verificar a consistência dos juízos emitidos pelos *experts*, considerando-se que a consistência perfeita é muito rara. Uma das vantagens do Processo Analítico Hierárquico é justamente considerar as possíveis inconsistências dos decisores. Matematicamente, uma matriz de comparação pareada A $n \times n$ é consistente se: $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ para $i, j, k = 1, 2 \dots n$. Esta propriedade exige que todas as filas e colunas de A sejam linearmente dependentes. Em particular, as colunas de qualquer matriz de comparação pareada 2×2 são dependentes, e, portanto, uma matriz 2×2 sempre é consistente (CONDON, 2002; SANTOYO, 2012).

O Processo Analítico Hierárquico incorpora a análise e o cálculo da Razão de Consistência (RC) para medir a qualidade dos juízos emitidos pelo decisor. Esta razão se define como o cociente entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice Randômico de Consistência Aleatória (IA) (SAATY, 1980; GARCÍA et al., 2006).

$$\text{Razão de Consistência (RC)} = \mathbf{RC} = \frac{\mathbf{IC}}{\mathbf{IA}}$$

Onde o Índice de Consistência (IC) de A se calcula conforme a expressão:

$$\text{Índice de Consistência (IC)} = \frac{\text{IC} = \lambda_{\max} - n}{n-1}$$

O valor de λ_{\max} representa o valor próprio máximo de A, ao resolver a equação $A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$, sendo A a matriz de comparação pareada e w o vetor próprio de A.

O Índice de Consistência Aleatória (IA) responde a um índice estimado a partir da média do Índice de Consistência (IC) gerado em laboratório de forma aleatória, dependendo do número de elementos que compõem as matrizes de comparações pareadas, tal como mostrado no Quadro 11:

N.º E (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,51	1,56	1,57	1,59

Quadro 11 - Índice de Consistência Aleatória (IA)

Fonte: Adaptado de Saaty (1991) e Garcia et al. (2006).

De acordo com Saaty (1991; 1994; 1997), considera-se que o vetor de prioridades tem uma inconsistência aceitável quando o RC é menor que 10% para matrizes da ordem superior a 4 (quatro), 5% para $n = 3$ e 8% para $n = 4$.

Em tal sentido, Saaty (2003); Easley, Valacich e Venkataramanan (2000); Flores e Gómez-Limón (2006), defendem a importância do método do vetor próprio principal como ferramenta válida de estimativa de preferências coletivas nos processos de decisões em grupos. Na perspectiva matemática, obtêm-se resultados cuja aceitação prática é exitosa e garante-se a viabilidade. Tais produtos permitem concluir que o Processo Analítico Hierárquico para os objetivos dessa tese é um método eficiente como parte da modelação multicritério, pois cumpre o objetivo de analisar os juízos subjetivos emitidos pelos *experts* sobre sua importância ou preferência entre as diferentes alternativas de estudo, permitindo sua posterior agregação (SANTOYO, 2012).

4.6 MODELAGEM MULTICRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO

A modelagem multicritério, associada ao processo de tomada de decisão, é uma ferramenta matemática que permite a combinação de variáveis de caráter ambiental, econômico, social e institucional. O processo decisório geralmente envolve o julgamento das pessoas e parâmetros conflitantes, de forma que seus impactos são de difícil mensuração (SOUZA, 2002). Segundo Gomes, Gonzalez Araya e Carignano (2004, p. 1), o processo de tomada de decisão envolve pelo menos uma das características abaixo relacionadas:

- a) Os critérios para a resolução do problema são conflitantes entre si.
- b) Tanto os critérios como as alternativas não estão claramente definidos, e as consequências da escolha de uma alternativa em relação a pelo menos um critério não são claramente compreendidas.
- c) Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de forma que um critério pode refletir nos demais.
- d) A solução dos problemas depende de um conjunto de pessoas, cada uma com pontos de vista próprios, em geral conflitantes.
- e) As restrições dos problemas não estão claramente definidas.
- f) Existem critérios quantificáveis, e outros somente o são por meio de juízos de valor efetuados sobre uma escala.
- g) A escala para um critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal, dependendo da disponibilidade de dados e da natureza dos critérios.

O movimento multicritério sustenta que os agentes econômicos não otimizam suas decisões com base em um único objetivo, mas procuram o equilíbrio ou um conjunto de objetivos usualmente conflitantes (ROMERO, 1993). Em Quintana (2000, p. 7) verifica-se que a "metodologia multicriterial desempenha um papel importante no planejamento ambiental, já que o bem-estar é uma variável multidimensional".³³

³³ Tradução livre de: *"la metodología multicriterial desempeña un papel importante en la planificación ambiental, ya que el bien estar es una variable multidimensional"* (QUINTANA, 2000, p. 7).

A abordagem multicritério de apoio à decisão conta com a vantagem de substituir escolhas intuitivas por decisões justificadas que permitem a participação dos atores envolvidos em diferentes etapas da construção da matriz de decisão (SANTOYO, 2012). No setor energético, onde se observa uma inter-relação estreita entre as múltiplas dimensões da energia, ocorre com frequência o surgimento de *tradeoffs* entre os interesses ambientais, econômicos, sociais e institucionais. A diferença entre a metodologia multicritério e as metodologias tradicionais está no grau de agrupamento dos valores subjetivos dos modelos de avaliação, permitindo que uma mesma alternativa seja analisada de forma distinta de acordo com os critérios de valor individual de cada especialista (ZELENY, 1994).

Em outra perspectiva, Quintana e Contreras (2007) consideram que o método multicritério permite gerar e analisar diferentes cursos de ação com base em múltiplos critérios de valoração, apoiado em sua capacidade de se confrontar com problemas marcados por diferentes valores conflitantes. Igualmente, o método garante a transparência do processo decisório e constitui um passo importante no entendimento do uso dos recursos naturais por parte das comunidades nos processos culturais e históricos de conservação dessas comunidades e nas potencialidades econômicas (LEYTON, 2004).

Barba-Romero e Pomerol (1997) ressaltam que a modelação multicritério tem a seu favor elementos importantes, como o realismo e a legibilidade, além de contar com o mérito da franqueza. Neste sentido, a busca para a solução de problemas complexos que podem ser resolvidos a partir de enfoques convencionais apoia-se na combinação de múltiplos fatores, permitindo, inclusive, a realização de análises de sensibilidade frente a variações dos dados de entrada. Rosso et al. (2014) propõe o uso da metodologia multicritério em estudos relacionados à análise de alternativas em projetos hidrelétricos, visto que se trata de uma linha promissora de pesquisa no campo da análise de sustentabilidade e planejamento energético.

Uma pesquisa recente com a aplicação da Análise Hierárquica de Processo foi desenvolvida por Singh e Nachtnebel (2015), com o objetivo de analisar a implementação de plantas hidrelétricas e elaborar recomendações para a expansão e desenvolvimento da escala adequada de geração de energia hidrelétrica para o Nepal. Os autores concluíram que a Análise Hierárquica de Processo é uma ferramenta aplicável e adequada para classificar hidrelétricas no que diz respeito à escala, considerando questões sociais, econômicas e ambientais, além das relações políticas locais e

técnicas. Cabe destacar o trabalho de Rosso et al. (2014) que aplicou a metodologia multicritério para desenvolver uma ferramenta de tomada de decisão multinível, capaz de apoiar o planejamento energético italiano, com referência específica à construção de usinas hidrelétricas em uma zona de montanha, na Bacia do Vale Sesia:

O estudo ofereceu uma ferramenta eficaz que pode ser usada para tratar duas preocupações principais: (i) para colocar em evidência o mais importante elemento a considerar para a proposta de um conjunto de orientações para a concepção de projetos hidrelétricos em bacias de montanha; (ii) apoiar e levar as escolhas de Administração Pública no contexto dos projetos hidrelétricos em construção em área montanhosa. (ROSSO et al., 2014, p. 880).

O resultado final proposto por Rosso et al. (2014, p. 880) foi o estabelecimento de um *ranking* de projetos alternativos pelas partes interessadas, a classificação e posterior agregação de julgamentos de todas as partes interessadas consideradas de acordo com a sua importância na decisão global. Barba-Romero e Pomerol (1997); Bocco, Sayago e Tártara (2002); Caballero et al. (2009); Gómez et al. (2005); León-Sanchez et al. (2008); Rehman e Romero (2006); Rodríguez-Uría et al. (2002); Santoyo (2012); Singh e Nachtnebel (2015) reconhecem o mérito da aplicação multicritério em estudos relacionados à mensuração de ativos ambientais e correlatos, salientando que esses autores não esgotam a temática, dada a sua amplitude de alcance em outras áreas do conhecimento.

4.7 FLUXO DA APLICAÇÃO METODOLÓGICA

Neste tópico serão detalhados os procedimentos de coleta de dados, de acordo com a metodologia Delphi e Análise Hierárquica de Processos.

4.7.1 Delphi Fase 1: Mapeamento dos Especialistas

Foram compostas duas listagens de potenciais especialistas na área de hidroenergia no Estado do Paraná, a partir de busca *online*. A primeira listagem foi composta por 84 nomes vinculados a empresas mistas, universidades, autarquias, conselhos, associações, comitês de bacias hidrográficas e membros relacionados ao remanejamento de populações atingidas. A segunda listagem foi composta por 231 nomes de profissionais ligados a empresas de autogeração, disponibilizados no sítio oficial da Agência Nacional de Energia Elétrica. Em uma terceira listagem por meio de busca na Internet foram identificados mais 31 nomes de outros profissionais vinculados a hidroenergia atuando em segmentos diversificados da economia paranaense, totalizando uma listagem de 346 potenciais especialistas no campo da hidroenergia.

A primeira etapa do trabalho de mapeamento dos especialistas consistiu em contato telefônico para confirmar nome, telefone, *e-mail*, eliminar duplicidades e verificar se a pessoa se mantinha vinculada à organização relacionada nas listagens. Na segunda etapa foi encaminhado um *e-mail no qual* se apresentaram o escopo da pesquisa, a pesquisadora, o orientador e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (em particular o PPGTE), a fim de convidar os interessados a contribuir com o objeto desse estudo. Ao *e-mail* de convite já foi anexado o Formulário 1 de Autoavaliação (Apêndice A). Na terceira etapa foi realizado um *follow up* com a intenção de confirmar se o destinatário recebeu o *e-mail*, que não se tratava de *spam* e estabelecer o processo de aproximação com os potenciais especialistas. Na quarta etapa, um segundo *follow up* foi realizado, com a intenção de finalizar essa fase do processo de autoavaliação e mapeamento dos potenciais especialistas. Como resultado, foi possível relacionar os profissionais que demonstraram interesse real em colaborar com a proposta desta tese.

Essa atividade foi compartilhada com um assistente de pesquisa devidamente treinado pela pesquisadora, dado que alguns contatos foram realizados mais de uma vez em função da agenda e especialmente da dificuldade de acesso direto a esses profissionais. O cronograma dessa fase do mapeamento é mostrado no Quadro 12:

Descrição da atividade de mapeamento dos potenciais especialistas	Período da Realização	Resultados
1. ^a etapa: contato telefônico.	4/5/2015 – 15/5/2015	346 contatos efetivados
2. ^a etapa: encaminhamento do e-mail de apresentação e convite a participar da pesquisa como colaborador.	18/5/2015 – 20/5/2015	125 contatos efetivados
3. ^a etapa: primeiro <i>follow up</i> .	01/6/2015 – 12/6/2015	89 contatos efetivados
4. ^a etapa: segundo <i>follow up</i> .	18/6/2015 – 5/8/2015	37 formulários de autoavaliação devolvidos

Quadro 12 - Síntese do processo de mapeamento dos potenciais especialistas

Fonte: A autora (2015).

Como resultado final, do total de 346 potenciais nomes possíveis para consulta a especialistas, obteve-se um aproveitamento de 10,69% de respondentes com um total de 37 formulários de autoavaliação retornados. O detalhamento do perfil dos especialistas participantes desse estudo será descrito na seção análises e resultados.

4.7.2 Delphi Fase 2: Aplicação do Instrumento de Coleta de Dados

Nessa segunda fase da pesquisa, foi encaminhado por *e-mail* para os especialistas selecionados na fase de mapeamento o segundo instrumento de coleta de dados, onde o respondente deveria julgar o grau de importância atribuído a cada variável relacionada no nível 3 do modelo teórico dessa tese. Cada especialista julgou o grau de importância para 48 variáveis (ou alternativas) distribuídas entre as quatro dimensões da energia, como mostrado no Apêndice B, que influem no processo de tomada de decisão em projetos de exploração de hidroenergia no Estado do Paraná.

Essa etapa teve por objetivo obter dados para realizar a primeira rodada da Técnica Delphi e iniciou-se no dia 6 de agosto de 2015, com intervalos de sete dias entre o primeiro e o quarto *follow up* de retorno do instrumento de pesquisa. Neste ponto tomou-se o cuidado de não estressar o respondente, pois existe uma relação de dependência na obtenção de sua colaboração e o caráter voluntário de participação.

Essa tarefa foi encerrada no dia 2 de outubro de 2015, com o retorno de 28 respondentes e uma taxa de desistência de 15% entre os respondentes. Em resposta a

essa desistência, foi realizado um novo trabalho de *follow up* por telefone e *e-mail*. No dia 13 de outubro de 2015, foram encaminhados novos e-mails e, posteriormente, telefonemas foram realizados com o intuito de solicitar a colaboração desses especialistas. Sem resposta durante todo o mês de outubro, novos e-mails foram encaminhados, contudo permaneceu forte dificuldade na obtenção de resposta. A falta de retorno por parte dos especialistas pode estar relacionada ao próprio período da coleta de dados, quando muitas pessoas já se encontravam envolvidas em tarefas de final de ano em suas organizações. Algum especialista encontrava-se em férias, atividades de campo ou outras situações particulares que, a despeito da insistência da pesquisadora, impediram o acesso a esses profissionais.

No dia 3 de novembro de 2015, foi encaminhado o instrumento de pesquisa para obtenção de dados da segunda rodada da Técnica Delphi, encerrando-se essa etapa no dia 16 de novembro de 2015 com 21 (vinte e um) respondentes. Esse número é validado por Malla e Zabala (1978); León e Montero (2004); Gordon (1994); Landeta (2002) e Skulmoski, Hartman e Krahn (2007). Os resultados do tratamento estatístico dos dados da primeira e segunda rodada da Técnica Delphi serão tratados no tópico de análises e resultados.

4.7.3 Ferramentas Utilizadas na Organização dos Dados e Tratamento Estatístico Previsto no Método Delphi

Para organização, tabulação e análise dos dados primários, conforme previsto no Método Delphi, utilizou-se o programa Microsoft Excel 97 versão 2003. Para os testes estatísticos, tratamento dos dados e exploração gráfica foi utilizado o aplicativo R³⁴ (R Core Team versão 2015).

³⁴ Software livre disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

4.7.4 Análise Hierárquica de Processos (AHP): Preenchimento e Consistência da Matriz Multicritério

4.7.4.1 Preenchimento da matriz hierárquica de processos

No dia 17 de novembro de 2015, foram encaminhados os *e-mails* com a solicitação do preenchimento do último instrumento de coleta de dados, cujo objetivo era estabelecer a comparação pareada entre as variáveis em estudo (Apêndice C). No preenchimento desse instrumento, os respondentes manifestaram dúvidas, que foram sanadas via *e-mail*, telefone ou pessoalmente (a pesquisadora compareceu para auxiliar no preenchimento do formulário).

Essa fase consumiu um tempo extenso, dado o prazo requerido para a análise e determinação dos pesos por parte dos respondentes. O recebimento dos últimos formulários ocorreu no dia 23 de dezembro de 2015, encerrando o ciclo de coleta de dados. Note-se que o tempo despendido entre o início da coleta do primeiro instrumento, em maio de 2015, e o último, em novembro de 2015, foi de 8 meses de trabalho junto ao grupo de especialistas. São dois passos básicos para o preenchimento da matriz-multicritério conforme mostrado no Quadro 13:

1. Decidir qual dos dois critérios tem importância menos favorecida frente ao outro e, por definição, atribuir a este o valor 1 (um).
2. Comparar a importância do critério favorecido ao desfavorecido e atribuir um valor.

	Critério 1	Critério 2
Critério 1	1	Avaliação Numérica
Critério 2	1/Avaliação Numérica [Recíproco]	1

Quadro 13 - Matriz comparativa (supondo que critério 1 domina o critério 2)

Fonte: Adaptado de Vargas (2010).

4.7.4.2 Passo a passo para a aplicação da Análise Hierárquica de Processos (AHP) segundo Santoyo (2012)

Os passos para a aplicação da análise hierárquica de processos (AHP) segundo Santoyo (2012) são:

- 1.º Passo - Definição do problema: expansão ou não da matriz elétrica paranaense a partir de fonte hídrica.
- 2.º Passo - Decomposição do problema em hierarquias estruturadas e sistemáticas, com elementos de decisão (critérios, subcritérios e alternativas). No caso dessa pesquisa, foi definido que o problema seria tratado até o nível 3.
- 3.º Passo - Construção de matrizes de decisão com a utilização de comparações ou julgamentos pareados entre os elementos de decisão. A título de exemplo, tomou-se uma matriz 3x 3 (isto é, $n = 3$; três linhas e três colunas) do Nível 1 da Dimensão Econômica, onde C1 = Critério 1, C2= Critério 2 e C3=Critério 3, conforme mostrado no Quadro 14:

Respondente 7	C1	C2	C3
(C1) Viabilidade econômica	1,0000		
(C2) Custos da energia		1,0000	
(C3) Potencial hidrelétrico			1,0000

Quadro 14 - Modelo de construção de matriz multicritério
Fonte: A autora (2016).

- 4.º Passo - Os especialistas julgaram se algum critério domina os demais por meio da utilização da Escala Saaty, conforme inferido no Quadro 15:

Respondente 7	C1	C2	C3
(C1) Viabilidade econômica	1,0000	1,0000	9,0000
(C2) Custos da energia		1,0000	1,0000
(C3) Potencial hidrelétrico			1,0000

Quadro 15 - Modelo de matriz multicritério preenchida pelo especialista
Fonte: A autora (2016).

- 5.º Passo - Encontrar o auto vetor das matrizes de decisão para estimar os pesos relativos ou prioridades relativas dos elementos de decisão como mostrado na Tabela 12:

$\sum_{\text{coluna}} C1 / \sum_{\text{linha}} (C1: C3)$ para encontrar o vetor C1, e o processo se repete para cada critério até C3.

Tabela 12 - Modelo de cálculo do vetor individual de critério julgado

Respondente 7	C1	C2	C3	\sum_{coluna}	Vetor
(C1) Viabilidade econômica	1,0000	1,0000	9,0000	11,0000	0,6828
(C2) Custos da energia	1,0000	1,0000	1,0000	2,0000	0,1862
(C3) Potencial hidrelétrico	0,1111	1,0000	1,0000	2,1111	0,1310
\sum_{linha}	0,6828	0,1862	0,1310	1,7901	0,0621

Fonte: A autora (2016).

- 6.º Passo - Encontrar o desvio máximo, que nada mais é que a ponderação de cada linha da matriz C1: C3 com o valor respectivo do vetor, dividido pelo vetor daquela linha. Na sequência deve ser encontrado o Índice de Consistência (IC) e a Razão de Consistência (RC), inferidos na Tabela 13. O Índice de Consistência Aleatória deve ser consultado no Quadro 15 de acordo com o tamanho da matriz. Para matrizes n=3, verifica-se que o ICA é 0,58000.

Tabela 13 - Planilha modelo de cálculo da razão de consistência do julgamento do especialista

Respondente 7	C1	C2	C3	\sum_{coluna}	Vetor	Desvio Máximo	IC	ICA n=3	RC
(C1) Viabilidade econômica	1,0000	1,0000	9,0000	11,0000	0,6828	3,0000			
(C2) Custos da energia	1,0000	1,0000	1,0000	2,0000	0,1862	5,3704			
(C3) Potencial hidrelétrico	0,1111	1,0000	1,0000	2,1111	0,1310	3,0000			
\sum_{linha}	2,1111	3,0000	11,0000	16,1111	1,7901				
	0,6828	0,1862	0,1310	1,7901	0,0621	3,7901	0,3951	0,5800	0,6811

Fonte: A autora (2016).

Note-se que Saaty (1991; 1994; 1997) considera que o vetor de prioridades tem uma consistência aceitável quando o RC é menor que 10% para matrizes da ordem superior a 4 (quatro), 5% para $n = 3$ e 8% para $n = 4$. No exemplo acima, os julgamentos do respondente 7 se mostraram inconsistentes de acordo com o $RC = 0,6811$ porque está muito longe do previsto pela metodologia da Técnica Delphi. Diante disso, essa matriz foi ajustada de acordo com discussão em um painel de especialistas vinculado ao projeto de cooperação entre Brasil e Cuba, do qual a autora faz parte.

Neste painel, verificou-se a consistência das respostas a partir da atribuição da primeira linha preenchida. No exemplo do Quadro 15, nota-se que o entrevistado considera a viabilidade econômica (C1) muito mais importante que o potencial hidroelétrico (C3), porém considera a viabilidade econômica (C1) tão importante quanto os custos da energia (C2). Ora, se C1 é tão importante quanto C2, então C2 é muito mais importante que C3. O entrevistado indicou que C2 seria igual a C3 e, por isso, a inconsistência era elevada. Ao manter a mesma relação de C1-C3 para C2-C3 (de 1 para 9), a consistência torna-se perfeita, conforme demonstrado na nova matriz ajustada (Tabela 14).

Esta análise e procedimento foram realizados para todos os itens das matrizes inconsistentes a partir da discussão neste grupo de pesquisa. A Tabela 14 apresenta os resultados após os ajustes necessários.

Tabela 14 - Planilha modelo de cálculo da razão de consistência ajustada ao julgamento do especialista

Respondente 7	C1	C2	C3	Σ_{coluna}	Vetor	Desvio Máximo	IC	ICA n=3	RC
(C1) Viabilidade econômica	1,0000	1,0000	9,0000	11,0000	0,4737	3,0000			
(C2) Custos da energia	1,0000	1,0000	9,0000	11,0000	0,4737	3,0000			
(C3) Potencial hidrelétrico	0,1111	0,1111	1,0000	1,2222	0,0526	3,0000			
Σ_{linha}	2,1111	2,1111	19,0000	23,2222	2,5802				
	0,4737	0,4737	0,0526	1,0000	0,0431	3,0000	0,0000	0,58	0,0000

Fonte: A autora (2016).

- 7.º Passo - Encontrar o fator de agregação: metodologicamente, esta última etapa é dada pela média geométrica dos respondentes e depois normalizada para o peso relativo de cada uma das alternativas. Os resultados são inferidos na Tabela 15.

Em Milone (2004, p. 58), encontra-se a definição de Média Geométrica como "o centro de massa de um conjunto de dados sintetizável em uma progressão geométrica". Costuma-se apontá-la por μ_g ou \bar{X}_g . Com n valores x_1, x_2, \dots, x_n , a média geométrica desses valores será:

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} \text{ ou } \bar{x}_g = \sqrt[n]{\prod x_i}$$

Onde: a letra \prod (ρ i maiúsculo) é o símbolo para indicar o produto, também chamado de produto dos valores da variável.

Tabela 15 - Fator de agregação do nível 2 da dimensão ambiental

Nível 2 Dimensão Ambiental				
Respondente	SB1	SB2	SB3	
R1	0,6000	0,2000	0,2000	
R2	0,4737	0,4737	0,0526	
R3	0,1429	0,1429	0,7143	
R4	0,6923	0,2308	0,0769	
R5	0,5000	0,2500	0,2500	
R6	0,0769	0,6923	0,2308	
R7	0,4737	0,4737	0,0526	
R8	0,6000	0,2000	0,2000	
R9	0,2708	0,6601	0,0691	
R10	0,6000	0,2000	0,2000	
R11	0,5000	0,2500	0,2500	
R12	0,4545	0,4545	0,0909	
R13	0,3333	0,3333	0,3333	
R14	0,5172	0,3695	0,1133	
R15	0,4667	0,4667	0,0667	
R16	0,3333	0,3333	0,3333	
R17	0,7143	0,1429	0,1429	
R18	0,0667	0,4667	0,4667	
R19	0,4545	0,4545	0,0909	
R20	0,1429	0,1429	0,7143	
R21	0,8182	0,0909	0,0909	
	0,3681	0,2917	0,1649	0,8247
	0,44639	0,35366	0,19995	1,0000

Fonte: A autora (2016).

Esse procedimento foi feito em toda a estrutura da matriz hierárquica para construir a árvore de decisão, onde serão apontados os pesos relativos de cada critério, subcritério e alternativas julgadas pelos especialistas. Uma árvore de decisão é um modo gráfico de visualizar as consequências de decisões atuais e futuras, bem como os eventos aleatórios relacionados (KERZNER, 2011).

No caso desse estudo, ela servirá para ilustrar uma visão integrada das dimensões da energia a partir dos pesos relativos atribuídos pelos especialistas após a aplicação da metodologia Delphi e da Análise Hierárquica de Processos (AHP). O objetivo é possibilitar a visão sistêmica do processo decisório em empreendimentos hidrelétricos no Estado paranaense.

5 ANÁLISES E RESULTADOS

Este capítulo objetiva apresentar uma reflexão sobre a tecnologia, a economia e a energia. Serão apresentados os resultados da aplicação do fluxo metodológico da pesquisa, que foi dividido em três etapas: (5.2) o processo de seleção do grupo de especialistas; (5.3) a aplicação do Método Delphi em duas rodadas, e (5.4) a exposição dos resultados da Análise Hierárquica de Processos (AHP), nos quais as variáveis foram hierarquizadas de acordo com o julgamento do grupo de *experts*.

A última seção (5.5) faz uma síntese do que foi tratado na seção 5.4, e os gráficos inferem as variáveis do nível três em ordem de prioridade, segundo a avaliação dos especialistas paranaenses.

5.1 REFLEXÕES SOBRE TECNOLOGIA, ECONOMIA E A ENERGIA

A noção de que a ciência só poderia ser construída e sustentada em modelos matemáticos e pressupostos deterministas remonta ao século XV, e frequentemente está associada ao método de análise proposto por René Descartes em *O Discurso sobre o Método* (1637). A certeza da ciência do mundo mecanicista só poderia ser expressa em "formulações das leis da natureza pela mecânica clássica" (SANTOS, 1988, p. 15), portanto sem nenhum contexto social ou natural a ser levado em consideração.

Ao se propor o estudo da energia em suas quatro dimensões (ambiental, econômica, social e institucional), buscou-se refletir sobre o papel da tecnologia aplicada à energia, em um contexto no qual, atualmente, intensifica-se a interação entre diferentes agentes buscando soluções ótimas enfrentando diários *tradeoffs* de difícil resolução.

As soluções para os problemas de descompasso entre expansão do crescimento econômico e degradação ambiental não devem se restringir à questão tecnológica, porque a tecnologia impõe seus próprios limites. Nas proposições de Heidegger (2007); Feenberg (1991); Ellul (1968); Bunge (1985); McLuhan (1980), encontra-se essa noção de afastamento do cientista do campo social e das ciências naturais, posicionando a

tecnologia como um instrumento de manipulação do pensamento humano. Não se pode negar o caráter social da tecnologia como vetor do desenvolvimento, mas outras análises são pertinentes, essencialmente aquelas que envolvam o conceito de respeito à natureza, às instituições e a determinados valores fundamentais, como o direito à vida e a liberdade.

No sentido de convergir os distintos interesses dos agentes e minimizar os conflitos resultantes de disputas sociais, ambientais e econômicas, Prigogine (2009) propõe a construção da ciência numa perspectiva multidisciplinar, visto que não há mais espaço para concepções de sociedade nas quais impere o extremismo tecnológico. Entre os autores que mais discutiram essa antagônica relação entre tecnologia e economia destacam-se Prigogine (2009); Heidegger (2007); Postman (1994) e Schumacher (1983) segundo os quais se entende que o crescimento econômico se chocará com valores decisivos pela ótica ambiental e social. Heidegger (2007) enxergava a tecnologia a serviço dos interesses empresariais; contudo, na sociedade moderna, soluções tecnológicas vão além dos interesses das corporações. A tecnologia se mostra cada vez mais aproximada da anatomia humana, simulando seu comportamento e modo de vida.

Lovelock (2007) expõe as ameaças e advertências do modelo econômico baseado em uso de energético de fontes fósseis. Em Capra (1993), a crítica se desenvolve em torno das falhas da estrutura econômica, ao não se considerar as dimensões ambientais e sociais na formulação de políticas macroeconômicas, em especial o comportamento agressivo das multinacionais nos países de baixo desenvolvimento.

O paradigma do desenvolvimento sustentável veio apoiar novas proposições de modelo econômico sob a bandeira do relatório *Nosso Futuro Comum*. As denúncias de degradação do meio ambiente e a incerteza sobre a inviabilidade de existência de um planeta seguro passaram a exigir uma mudança de comportamento da geração presente, alterando-se os fundamentos da ordem econômica nacional e internacional (DIAMOND, 2007; HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2005). Não se poderia crescer e prosperar ignorando as condições de pobreza e desigualdade dos países de baixo desenvolvimento que estavam funcionando de "aterro" dos países desenvolvidos.

É importante destacar a contribuição de dois cientistas que, ao analisar seus próprios campos de pesquisa, alertaram para a urgência de se ampliar o alcance de estudo da economia: Georgescu-Roegen e a *Lei da Entropia*; e Ignacy Sachs, com

as proposições de liberdade, justiça social e valores ao meio ambiente. Ambos trouxeram contribuições importantes para jovens pesquisadores que passaram a visualizar em seus estudos um espaço para incorporar temas considerados como "à parte" da ciência ou objeto de estudo das ciências naturais, sociais e biológicas. No Brasil, Celso Furtado também produziu uma obra importante para refletir sobre o conceito de bem-estar social baseado apenas na produção de riqueza.

Ao se estabelecer a relação entre a Ciência e Tecnologia e a temática energética³⁵, ao se aproximar métodos pautados na lógica cartesiana com as ciências sociais, é possível encontrar um ponto de convergência nessa discussão, para o qual a sociedade está sendo empurrada: os limites do crescimento a qualquer custo.³⁶ A tecnologia por si só não resolverá os dilemas do mundo moderno. Ao se falar em sustentabilidade, acredita-se que a solução esteja num choque de oferta de energia aos moldes dos anos 1980, quando se deveria pensar em frear o consumo, ou eficientizar os padrões de consumo da indústria e da sociedade.

Atualmente, as discussões em torno do modelo de setor elétrico brasileiro, que é fortemente estruturado no aproveitamento hídrico, têm sido questionadas à luz das inter-relações com o meio ambiente e com a sociedade. A energia é um fator de produção essencial para colocar em funcionamento a engrenagem motora da economia – a indústria. Daí o caráter estratégico de discuti-la no enfoque econômico, ambiental, social e institucional. Conforme visto em Bermann (2001), a natureza tem um papel importante no processo de formação de valor econômico e não pode ser considerada apenas como mais ônus a ser pago pelos seus usuários.

Entre os principais críticos do modelo atual sustentado pela energia das hidrelétricas, encontra-se Sevá Filho (2008); Bermann (2007; 2001); Rampazzo (2002) e Bursztyn (2001). Esses autores argumentam que o planejamento energético nacional deveria analisar outras opções em geração sustentável. O modelo não respeita os limites ecológicos, as instituições falham em cumprir suas atribuições de se fazer cumprir a legislação e, no quesito socioambiental, exclui e aumenta as desigualdades entre os mais pobres e as populações atingidas por empreendimentos de grandes complexos hidrelétricos. Outro aspecto relevante levantado por esses autores é o

³⁵ Ao se falar em temática energética nessa tese, entenda-se a energia em suas quatro dimensões: ambiental, econômica, social e institucional.

³⁶ Ignacy Sachs: As dimensões da sustentabilidade.

caráter oligopolista desse mercado, o que se traduz numa falha de mercado que prejudica os consumidores pela concorrência desleal.

Conforme visto em Bicalho (2009), a política energética é o norte na tomada de decisão dos agentes econômicos e também deveria ser o ambiente em que seriam compatíveis os interesses públicos e privados. No Brasil, a política energética tem se mostrado favorável a manter a geração de eletricidade de fonte hídrica e as projeções oficiais indicam investimentos e aumento da geração com o uso intensivo dessa fonte. As energias eólica, solar e da biomassa ainda não são suficientes para garantir o abastecimento necessário à manutenção de uma economia próxima do pleno emprego. Autores como Pinto Junior et al. (2007), Reis, Fadigas e Carvalho (2012), Tolmasquim (2012), Tolmasquim e Guerreiro (2011), Goldemberg (2010) e Goldemberg e Moreira (2005) destacam-se em discutir os rumos da política energética brasileira.

No que tange à economia paranaense, a Bacia do Paraná responde por aproximadamente 23% do potencial hidrelétrico nacional, dos quais 67% estão em operação (BRASIL, 2015b), como citado no levantamento já feito no capítulo 2 desse tese. Além disso, uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo, a Itaipu Binacional, está localizada no Rio Paraná, no trecho de fronteira entre o Brasil e o Paraguai nos municípios de Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai. A Companhia Paranaense de Energia Elétrica é uma das maiores concessionárias do setor e lidera o *ranking* das empresas mais lucrativas do Estado (AMANHÃ, 2015).

Diante disso e a despeito do planejamento energético nacional projetar a manutenção da fonte hidrelétrica até 2030, também se cogita num cenário de longo prazo a diversificação da matriz elétrica regional, inclusive em resposta às dificuldades de obtenção de licenciamento e pressões de movimentos e órgãos em defesa do meio ambiente.

A partir dos resultados discutidos na próxima seção, pretende-se disponibilizar um conjunto de variáveis que, combinadas entre si ou em diferentes dimensões da energia, possam orientar os gestores públicos e privados em decisões de expandir ou não empreendimentos hidrelétricos.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ESPECIALISTAS CONSULTADOS

Na primeira rodada da Técnica Delphi, participaram 28 (vinte e oito) especialistas, contudo, ao submeter os mesmos especialistas a uma segunda rodada, e sabedores de que o estudo era composto por três instrumentos de coleta de dados, houve uma desistência de sete participantes, ou 25% dos respondentes. O número final de respondentes que participaram da segunda rodada totalizou 21 (vinte e um especialistas), número este válido de acordo com a metodologia Delphi³⁷, como citado na metodologia.

Os 21 participantes foram categorizados como sendo cinco doutores, ou 23,8%; seis mestres, ou 28,6%; nove especialistas, ou 42,8%; e 1 um bacharel, ou 4,8%. O tempo mínimo de experiência profissional entre os especialistas consultados foi de 2 anos e o tempo máximo, 40 anos. Observou-se que 62% dos especialistas atuam profissionalmente há mais de 10 anos diretamente no setor elétrico paranaense. Note-se que o coeficiente de competência dos especialistas foi calculado rigorosamente com base nos critérios de Linstone e Turoff (2002) e Crespo (2007).

No quesito formação de base, identificou-se dois professores universitários com dedicação exclusiva ao ensino em instituição pública (atuantes em programa de pós-graduação), e três profissionais que conciliam a sua atividade em empresa privada e/ou mista com o ensino universitário (atuantes em programa de pós-graduação), totalizando 5 especialistas com perfil de pesquisador, isto é, 23,8% do total dos especialistas. Note-se que foi garantido o anonimato absoluto dos participantes, de forma a proteger suas opiniões e julgamentos pessoais. O anonimato é um dos pilares da Técnica Delphi e também foi determinante para a adesão de 35% dos especialistas. A Tabela 16 mostra o perfil do grupo de participantes por categoria científica e respectivo vínculo organizacional:

Tabela 16 - Perfil dos especialistas selecionados por categoria científica e vínculo organizacional

Fonte	Categoria Científica	Total
Empresas de autogeração (privadas)	Mestre (4); Especialista (2)	06
Empresas Mistas	Doutor (1); Mestre (1); Especialista (2)	04
Autarquias, conselhos e associações	Doutor (2); Mestre (1); Especialista (5); (1) Bacharel	09
Universidades (D.E. ensino)	Doutor (2)	02
Total		21

Fonte: A autora (2015).

³⁷ Capítulo 4 da metodologia dessa pesquisa.

Quarenta e três por cento (42,85%) dos especialistas consultados estão vinculados a autarquias, conselhos e associações. Trata-se de profissionais que possuem atividades relacionadas direta ou indiretamente com a política energética do Estado do Paraná e que, em alguns casos, podem exercer influência direta na condução de projetos relacionados à hidroenergia.

A segunda maior parcela dos especialistas, ou 28,57% dos respondentes, está vinculada ao setor privado e é constituída por profissionais de empresas de autogeração. Os respondentes deste grupo, que se disponibilizaram a participar do presente estudo manifestaram um forte interesse em conhecer o resultado da pesquisa para conhecer outros pareceres e opiniões fora do contexto de suas organizações focadas em resultados.

Dezenove por cento (19,04%, para ser mais exato) dos especialistas são procedentes de empresas mistas nas quais se verifica uma forte tendência de esforços concentrados na busca de resultados. Todavia, trata-se de organizações com políticas voltadas ao atendimento de normas e regulamentações previstas por órgãos ambientais. Nessas organizações, foram identificadas áreas de pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis, bem como outros trabalhos e outras atividades relacionadas ao uso da água e geração de energia a partir de fonte hídrica.

Os representantes da área acadêmica com dedicação integral exclusiva representam 9,02% do total dos respondentes. Foram contatados outros especialistas, inclusive alguns de renomadas instituições federais e privadas; contudo, não manifestaram interesse em participar desse estudo.

Moura (2007) verificou que, para garantir a eficácia do Método Delphi, o grupo selecionado deve possuir, além de domínio sobre o tema, uma formação multidisciplinar e, preferencialmente, conhecimento sobre a região onde o estudo está sendo realizado. Nesse sentido, foram identificados 13 especialistas cuja formação básica é engenharia com enfoques em: (5) engenharia elétrica; (3) engenharia florestal; (2) engenharia civil; (2) engenharia ambiental; e (1) engenharia agrônoma. Cabe observar que um dos especialistas tem dupla formação básica: uma em engenharia elétrica e a outra em direito, perfazendo um total de 3 especialistas com formação básica em direito; 2 em ciências sociais; 1 em informática; 1 em administração; 1 em ciências econômicas e 1 em gestão ambiental.

A Tabela 17 sintetiza o perfil dos 21 especialistas a partir de informações e apuração do coeficiente de conhecimento, a partir da autoavaliação. Note-se que

62% dos especialistas possui coeficiente de conhecimento alto; 28,5%, coeficiente de conhecimento médio; e apenas 9,5% apresenta coeficiente de conhecimento baixo. Esse resultado corrobora autores considerados especialistas em aplicação de Método Delphi e que são citados de forma recorrente em pesquisas similares, como Bravo Estévez e Gallastegui (2005); Olabuénaga e Ispizua (1989) e Delbecq, Van de Ven e Gustafson (1975).

Conforme proposto por Chia-Chien Hsu (2007) e Youssuf (2007), uma característica importante a ser identificada nos especialistas considerados em estudos com a aplicação do Método Delphi é a importância ou os vários interesses do participante, relacionados com o problema em análise e o resultado prático para sua atividade profissional. Essa condição pode ser considerada satisfeita, uma vez que os especialistas da relação de participantes estiveram presentes nas três etapas de aplicação da coleta de dados, manifestando total comprometimento com o objetivo do estudo. Trata-se de um esforço absolutamente voluntário para responder os instrumentos de coleta de dados, e se espera que os resultados alcançados possam servir de referência a este grupo e até mesmo apoiar análises e estudos futuros.

Tabela 17 - Perfil dos especialistas ou *experts*

Respondente	Formação Básica	Grau de Formação	Anos de atuação	Coef.
R1	Eng. Elétrica	Doutor	40	0,94
R2	Eng. Elétrica	Doutor	34	0,89
R3	ADM	Doutor	33	0,89
R4	Eng. Florestal	Doutor	13	0,78
R5	Eng. Florestal	Doutor	13	0,78
R6	Eng. Civil	Mestre	35	0,94
R7	Eng. Ambiental	Mestre	5	0,89
R8	Direito	Mestre	10	0,88
R9	Informática	Mestre	5	0,83
R10	Eng. Civil	Mestre	36	0,79
R11	Ciências Sociais	Mestre	15	0,77
R12	Eng. Elétrica	Especialista	39	0,94
R13	Ciências Sociais	Especialista	30	0,94
R14	Eng. Florestal	Especialista	8	0,84
R15	Ciências Econômicas	Especialista	5	0,84
R16	Eng. Florestal	Especialista	25	0,78
R17	Eng. Elétrica Direito	Especialista	21	0,74
R18	Direito	Especialista	16	0,73
R19	Eng. Elétrica	Especialista	2	0,57
R20	Gestão Ambiental	Especialista	7,5	0,52
R21	Engenharia Ambiental	Bacharel	12	0,78
	Alto			62,0%
Coeficiente	Médio			28,5%
Competência	Baixo			9,5%
	Total			100,0%

Fonte: A autora (2015).

5.3 VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO NÍVEL 3 COM O USO DO MÉTODO DELPHI: PRIMEIRA RODADA (R1) E SEGUNDA RODADA (R2)

Na primeira rodada (R1) de aplicação do Delphi, participaram 28 especialistas, sendo que, individualmente, foram avaliadas 48 variáveis do nível três do modelo teórico, divididas entre as quatro dimensões da energia: ambiental, econômica, social e institucional, totalizando 1.344 julgamentos. A escala de avaliação dos especialistas variou de 1 a 5, sendo 1 = nada importante e 5 = extremamente importante. A notação utilizada no texto será CI onde I = 1, 2, 3, 4 ou 5.

Como primeiro método estatístico, empregou-se a distribuição de frequência, que "sintetiza valores numéricos ao dispô-los em um conjunto de classes numericamente ordenadas" (BERENSON et al., 2012, p. 26). Para tornar comparáveis as avaliações dos especialistas em cada dimensão, foi utilizada a distribuição de frequências relativa conforme mostrado no Gráfico 2. Esta medida levou em consideração o número total de variáveis julgadas pelos especialistas, de forma que os resultados podem ser comparados diretamente. Observa-se que, neste gráfico, o eixo Y está no intervalo de 0 a 1, que representa a porcentagem de avaliações na respectiva categoria, ou seja, para a dimensão ambiental verifica-se aproximadamente 10% de avaliações C1 (nada importante) e aproximadamente 25% de avaliações C5 (extremamente importante).

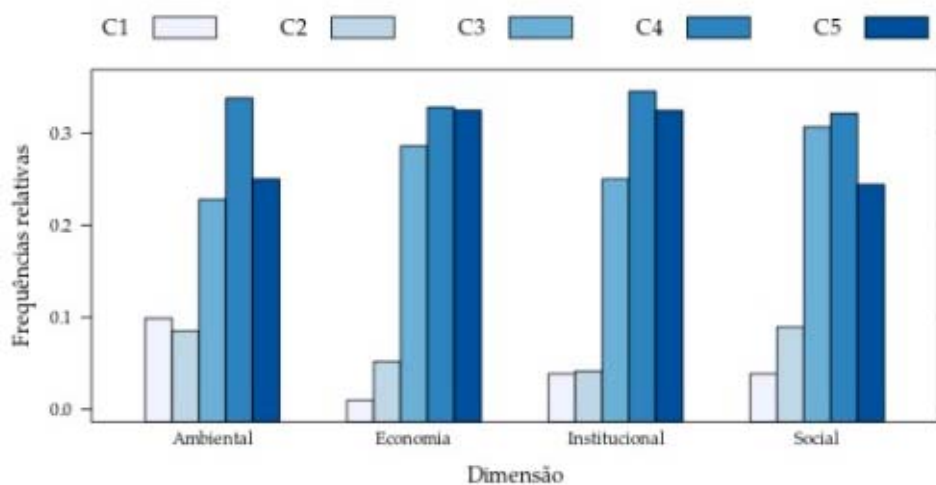


Gráfico 2 - Frequências relativas das avaliações dos especialistas (R1)
Fonte: A autora (2016).

Cabe frisar que a aplicação do Método Delphi objetivou gerar um dado de classificação geral das variáveis do nível 3 do modelo teórico, conforme a escala aplicada no instrumento de coleta de dados, considerando a resposta de todos os especialistas dessa rodada (28 no total).

O próximo passo foi calcular as frequências relativas pela inversa da normal, isto é, os resultados padronizados pela inversa da distribuição de probabilidades Normal Padrão. Para cada frequência acumulada (*fac*), até a classificação C4 obteve-se o quantil q da distribuição Normal, cujo $P(Z < q) = fac$. Dadas as frequências acumuladas iguais a 0, o que implica $q = \infty$, foi utilizada uma perturbação, adotando os valores iguais a 0 como 0,0001, sendo os resultados dos quantis tendo resultado em valores reais.

Tabela 18 - Recorte da tabela das frequências relativas acumuladas pela inversa da curva normal (R1)

N = -6,158						
C1	C2	C3	C4	Soma	Promedio	N-P
-3,719	-3,719	-1,068	0,180	-8,326	-2,081	-4,077
-1,242	-0,792	0,366	1,068	-0,600	-0,150	-6,008
-1,465	-0,921	0,000	0,792	-1,594	-0,399	-5759
-1,465	-0,921	-0,366	1,068	-1,685	-0,421	-5737
-1,068	-0,921	-0,180	0,464	-1,705	-0,426	-5,732
-114,91	-71,27	-15,65	29,41	-	-	-

Fonte: A autora (2016).

O resultado deste exercício está inferido no recorte da Tabela 18 e na Figura 6. As colunas C1, C2, C3 e C4 representam os *quantis* calculados, que são utilizados para obtenção dos valores presentes na coluna N - P, que representam as medidas para classificação das variáveis. Observa-se uma relativa distância entre os pontos de corte para a categorização de importância.

Isso se deve ao número elevado de variáveis (questões) propostas no instrumento de coleta de dados e também às frequências acumuladas iguais a zero. Na classificação das variáveis a partir dos resultados da coluna N - P, encontraram-se todos os valores considerados como Muito Importantes, isto é, todos os valores estão entre -15,65 e 29,41.

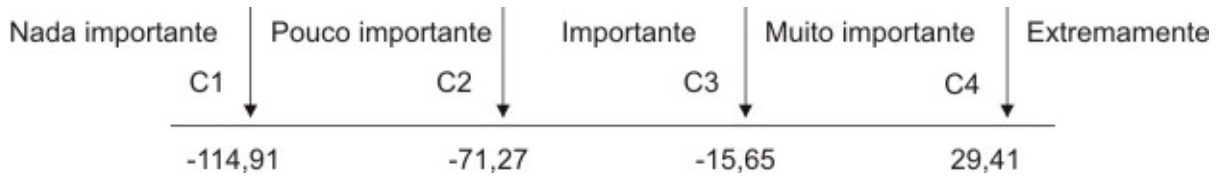


Figura 6 - Pontos de corte para classificação das avaliações de (R1)
 Fonte: A autora (2016) baseada em Santoyo (2012).

Para avaliar a concordância entre as avaliações dos especialistas, foi calculado o Coeficiente de Concordância de Kendall (W). Este coeficiente mede a diferença entre a probabilidade de um conjunto de classificações estarem na mesma ordem e a probabilidade em ordens diferentes. Do ponto de vista de amostragem, estas probabilidades são dadas por meio das respectivas frequências relativas (VIALI, 2008).

O coeficiente de Kendall é usualmente empregado na análise de concordância de atributos. Segundo Viali (2008), é uma medida de relação entre vários conjuntos de postos de n elementos. Quando se tem k conjuntos de postos, pode-se determinar a associação entre eles utilizando o coeficiente de concordância de Kendall, W . O coeficiente de concordância W exprime o grau de associação k destas variáveis.

Conforme visto em Crespo (2007), verifica-se que tal índice reflete a concordância ou divergência entre os especialistas do presente estudo. Assim, é assumido um valor próximo de 1, que indicará se existe uma alta concordância ou uma concordância perfeita, enquanto um valor próximo de zero significará o inverso. A expressão matemática que define o Coeficiente de Concordância de Kendall é:

$$r_{ck} = (12 s^2) / (k^2 (n^2 - 1)) \quad \text{sendo:} \quad s^2 = \left(\sum_{j=1}^n (R_j - \bar{R}_j)^2 \right) / n$$

Onde:

n : Número de variáveis.

k : Número de especialistas.

R_j : soma das variáveis por coluna.

\bar{R}_j : Média aritmética da soma das faixas ou intervalos.

s^2 : variância dos valores dos especialistas.

A realização deste teste resultou em um p-valor menor que 0,001, indicando que há fortes evidências para se rejeitar a hipótese nula, o que significa **rejeitar a não concordância dos avaliadores**. Apesar da estimativa pontual do Coeficiente de Concordância de Kendall ter sido relativamente baixa (0,140565), ela ainda é significativamente diferente de zero, o que indica alguma concordância entre os respondentes.

Mesmo que o coeficiente de concordância de Kendall tenha sido significativamente diferente de zero, realizou-se a segunda rodada (R2) do método Delphi, com os mesmos 28 (vinte e oito) participantes da primeira rodada (R1), para validar se houve alguma mudança de percepção dos especialistas. Na segunda rodada, retornaram 21 formulários que julgaram as mesmas 48 variáveis do modelo teórico já validadas na primeira rodada. A escala de avaliação permaneceu constante de 1 a 5, sendo o critério nada importante = 1 e o extremamente importante = 5. Ao todo, nesta segunda rodada foram realizados 1.008 julgamentos por parte dos especialistas.

Procedeu-se à mesma rotina da primeira rodada, iniciando com o cálculo das frequências absolutas das avaliações dos 21 especialistas desta rodada. Para viabilizar a comparação direta entre as dimensões julgadas e entre as rodadas de aplicação, as frequências relativas foram calculadas e inferidas no Gráfico 3. Esse gráfico evidencia um comportamento similar ao verificado na primeira rodada (R1).

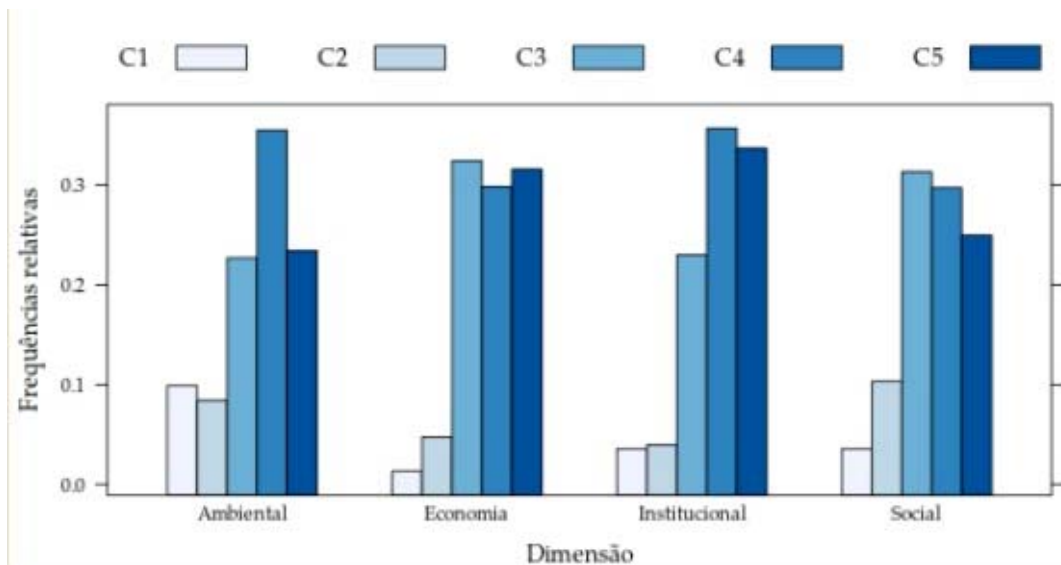


Gráfico 3 - Frequências relativas das avaliações dos especialistas (R2)
Fonte: A autora (2016).

Observou-se uma mudança na ordem das classificações mais frequentes da dimensão econômica, em que a classificação mais frequente foi C3, seguida de C5 e C4; na dimensão social, os três julgamentos mais frequentes foram C3, C4 e C5. Para as demais dimensões, a ordem se manteve a mesma observada na primeira rodada. De forma geral, o comportamento se manteve quase inalterado e se observa que em todas as dimensões as classificações C3, C4 e C5 sobressaíram.

Igualmente, na (R2) tomaram-se os quantis da distribuição Normal Padrão calculados a partir das frequências relativas acumuladas da classificação C1 até a C4, conforme apresentado na Figura 7. Registrou-se que, para a variável 36 (expansão e ação do MAB na dimensão social), não foi apontada nenhuma classificação C5. Isso acarretou uma frequência relativa acumulada igual a 1 já na classificação C4, impossibilitando a obtenção de um quantil real, haja vista que $P(Z < 1) = \infty$. Isto posto, nessa (R2) houve uma perturbação induzida para este valor, tomando-o como 0,999 além das perturbações nas frequências iguais a zero já mencionadas na (R1). Esses resultados são inferidos na Tabela 19 como segue:

Tabela 19 - Recorte da tabela das frequências relativas acumuladas pela inversa da curva normal (R2)

N = -8,212						
C1	C2	C3	C4	Soma	Promedio	N-P
-3,719	-3,719	-0,876	0,180	-8,134	-2,034	-6,178
-1,309	-0,712	0,303	0,876	-0,842	-0,211	-8,001
-1,309	-0,876	-0,060	1,068	-1,177	-0,294	-7,917
-1,668	-1,068	-0,712	1,068	-2,381	-0,595	-7,616
-1,068	-0,876	-0,180	0,566	-1,558	-0,389	-7,822
-116,53	-72,50	-14,84	31,43	-	-	-

Fonte: A autora (2016).

Os pontos de corte, para classificação das variáveis dos 21 julgamentos realizados, são inferidos na Figura 7. Pelos mesmos motivos apresentados na (R1), todas as 48 variáveis experimentadas nesta aplicação do método Delphi (em R2) foram classificadas como muito importantes, isto é, todos os valores da coluna N-P desta rodada encontram-se entre -14,84 e 31,43; logo, todas as variáveis foram mantidas para a sequência do estudo.

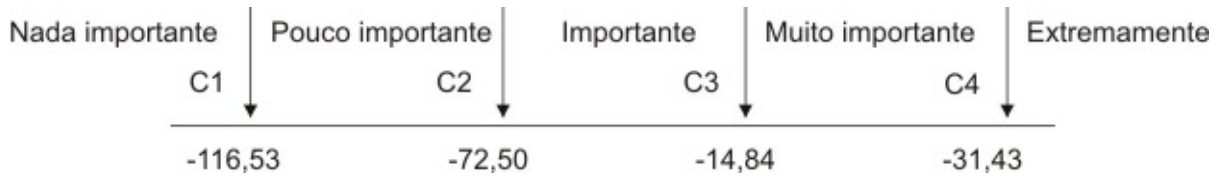


Figura 7 - Pontos de corte para classificação das avaliações da (R2)
 Fonte: A autora (2016).

Para avaliação da concordância entre as opiniões dos 21 especialistas da R2 procedeu-se novamente o cálculo do coeficiente de concordância de Kendall. A estimativa do coeficiente resultou no valor 0,1360988, relativamente menor que o valor obtido na (R1) primeira rodada. Porém, a diferença entre eles se dá apenas na terceira casa decimal.

Numa avaliação probabilística, este valor apresentou no teste de hipóteses desenvolvido para esta estatística um p-valor menor que 0,0001, também indicando fortes evidências **para se rejeitar a hipótese nula**, o que significa rejeitar a não concordância dos avaliadores.

Portanto, mesmo que a estimativa pontual do Coeficiente de Concordância de Kendall tenha sido baixa (0,1360988), ainda é significativamente diferente de zero, o que indica algum grau de concordância entre os respondentes, destacando-se a realização de uma nova rodada de aplicação do método Delphi.

5.4 A ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS (AHP)

Retomando a questão de pesquisa dessa tese tem-se: considerando a energia em suas múltiplas dimensões (ambiental, econômica, social e institucional), qual a contribuição relativa de cada dimensão para a tomada de decisão em políticas públicas de expansão da fonte hidráulica paranaense?

Essa seção discute os resultados apurados após a hierarquização das variáveis de estudo conforme o julgamento dos especialistas. A análise está dividida por dimensão da energia e subdividida por níveis conforme proposto na matriz multicritério. Ao final da análise de cada dimensão, encontra-se uma figura ilustrativa que é um recorte da Árvore de Decisão.

5.4.1 Dimensão Ambiental

5.4.1.1 Nível 1 - critérios da dimensão ambiental

Neste nível foram definidos³⁸ dois critérios: impactos ambientais e segurança energética. Estes temas são tratados de forma cautelosa no planejamento energético nacional, conforme disposto no Plano Nacional de Energia 2030, na Matriz Energética Nacional 2030 e no Plano Decenal de Expansão de Energia, em suas revisões de 2023 e 2024. Com base em projeções nesses estudos oficiais, estima-se uma demanda por energia elétrica superior a 1.000 TWh/ano em 2030, o que exigirá uma expansão hidrelétrica significativa, considerando que as fontes renováveis ainda são complementares dentro do sistema brasileiro (BRASIL, 2015b).

Mantendo-se esse cenário de referência e supondo a retomada, ainda que gradativa, do crescimento da economia brasileira, a taxa média de 2% a.a., os agentes econômicos se mostram preocupados com a garantia da segurança energética.

Os resultados da Análise Hierárquica de Processo (AHP)³⁹ é o produto final dos julgamentos dos especialistas para todos os demais níveis da dimensão ambiental. O peso relativo de cada elemento é destacado entre parênteses na cor vermelha, indicando qual peso relativo total cada elemento representa na totalidade da matriz multicritério. Esse resultado reflete o fator de agregação da resposta dos 21 especialistas.

Na percepção dos especialistas, a segurança energética é um tema sensível, visto que foi atribuído um peso relativo de 61,27%. A segurança energética, além de tratada no nível de planejamento energético nacional, foi tema recorrente de autores como Tolmasquim (2012; 2005), Leite (2011), Goldemberg (2010), Colácios (2009), MacFarlane (2007), Goldemberg e Moreira (2005) e Rosa (2002), para citar os

³⁸ Os critérios, subcritérios e variáveis foram definidos a partir da análise de conteúdo durante a fase da revisão da literatura e estão descritos na seção 4.2. Análise de Conteúdo: definição das variáveis de estudo.

³⁹ O mesmo foi procedimento se repete nas dimensões econômica, social e institucional.

autores mais referenciados nesse estudo e que defendem a garantia da segurança energética como estratégia ao desenvolvimento.

Outro reflexo dessa preocupação é que, para manter o abastecimento ininterrupto nos períodos de seca prolongada entre 2012 e 2014, foram ativadas as usinas termelétricas. O uso dessa fonte é amplamente criticado dado seu alto custo de operação, impactos sobre o meio ambiente e o efeito indesejado de aumento das tarifas para os consumidores. Os impactos ambientais provocados por empreendimentos hidrelétricos no processo decisório corresponderam a 38,73% do peso relativo, ratificando que a garantia do suprimento é um atributo essencial para o desenvolvimento da economia paranaense, enquanto que os impactos ambientais hoje se configuram como uma limitação. Na pesquisa de Freitas (2011), o planejamento energético evidenciava a continuidade da garantia do suprimento energético por meio das hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas.

5.4.1.2 Nível 2 - Subcritérios da dimensão ambiental

Os subcritérios da dimensão ambiental foram subdivididos em riscos de fornecimento, qualidade ambiental, emissões de CO₂ e acionamento das usinas térmicas. Os especialistas julgaram que riscos de fornecimento representam 39,47% do peso relativo desse nível. Esse resultado corresponde ao tratado em Andrade (2012), nas análises de riscos potenciais decorrentes de alterações climáticas sobre empreendimentos hidrelétricos. Aumentos na temperatura do clima podem aumentar a vulnerabilidade na gestão de empreendimentos dessa natureza, podendo comprometer sua trajetória de desenvolvimento conforme verificado em Kamogawa (2008).

A qualidade ambiental recebeu o segundo maior peso relativo, correspondente a 27,01% na opinião dos especialistas. Esse resultado sinaliza a preocupação com o aspecto qualitativo como parte do processo decisório, como verificado em Bursztyn e Bursztyn (2012), Kamogawa (2008) e Rampazzo (2002). O peso relativo para o subcritério acionamento das usinas térmicas foi de 23,26%, sinalizando a crescente participação da hidrotermia na matriz elétrica brasileira. Esse resultado pode estar associado à expansão da participação das térmicas que funcionaram como plantas

backup. A alteração do ciclo hidrológico de chuvas esvaziou os reservatórios das grandes hidrelétricas e o atraso na entrega de obras em andamento contribuiu para a opção da hidrotermia (BRASIL, 2015a; CASTRO; BRANDÃO, 2015; BRASIL, 2015b).

Note-se que o planejamento energético brasileiro segue a tendência de diversificação da matriz elétrica, com o uso de outras fontes renováveis, especialmente a energia eólica. Todavia, a hidroenergia ainda tem se mostrado a opção mais viável, pelo domínio da tecnologia e disponibilidade de recursos exploráveis (CASTRO; BRANDÃO, 2015; BRASIL, 2015b).

Diante disso, os agentes, ao eleger os critérios de seleção de projetos, precisam estar atentos a questões que até pouco tempo estavam subordinadas às autoridades do setor elétrico, mas hoje passaram a integrar modelos decisórios mais completos, dada sua influência nos resultados esperados de projetos.

5.4.1.3 Nível 3 - Variáveis da dimensão ambiental

No terceiro e último nível da matriz multicritério da dimensão ambiental, foram relacionados 13 variáveis. A Figura 8 infere que, para riscos de fornecimento, o maior peso relativo foi atribuído à capacidade de carga do sistema, que representou 13,79%, evidenciando que o Paraná ainda tem recursos e espaço para expandir a geração a partir dessa fonte.

Ao se analisar o subcritério "qualidade ambiental", foi registrado 10,84% de peso relativo para impactos sobre a fauna e flora e 8,53% iguais pesos para poluição da água e erosão do solo, correspondendo a 8,39% em ambas as variáveis. Todos os temas relacionados a essas variáveis foram tratados em Cureau (2013), Sachs, Dowbor e Lopes (2010), Bermann (2007) e Pires, Fernandez e Bueno (2006) entre os principais autores.

Em Sachs (2010), Bursztyn e Bursztyn (2012) e Bursztyn (2001), a ideia de desenvolvimento necessariamente deve incluir os aspectos qualitativos e melhorias nas condições de vida dos mais pobres e focar em variáveis de acordo com as necessidades e características culturais e locais. Os especialistas atribuíram 3,30% de peso relativo para aumento do efeito estufa como muito importante em tomada de

decisão e 3,67% para a poluição de ar. De acordo com Tolmasquim e Guerreiro (2011), o Brasil ainda apresenta baixos níveis de emissões.

Pelo acionamento das termelétricas, os especialistas julgaram 4,51% de peso relativo com respeito ao maior uso de combustíveis fósseis e 6,91% de peso relativo para impactos negativos sobre o meio ambiente. As térmicas foram a opção de *backup* para garantir o suprimento de eletricidade em muitas regiões do país durante o período de escassez de chuvas entre 2012-2014 e expandiu sua participação tanto no balanço energético nacional quanto no planejamento do setor elétrico. Esses temas foram tratados em Castro, Andrade (2012), Bursztyn e Bursztyn (2012), Moretto et al. (2012), Reis, Fadigas e Carvalho (2012), Vichi e Mansor (2009), Bermann (2008a; 2007) e Sevá Filho (2008).

De forma crítica, Bermann (2008a; 2007) e Sevá Filho (2008) argumentam contra a construção de empreendimentos hidrelétricos, especialmente projetos de grande porte, e ressaltam a necessidade de intensificar a diversificação da matriz elétrica nacional. Em Bursztyn (2001), o autor expõe que a proteção ambiental só é viabilizada por meio de políticas públicas que se utilizem de instrumentos econômicos e normativos legais para garantir a sustentabilidade.

Se de um lado existe a preocupação com a segurança energética, de outro a variável ambiental se mostra como limitante ao uso hidroenergia em nível regional, nacional e internacional. Como contribuição dos especialistas, R4 sugeriu que "o estabelecimento de programas de gestão continuada deve ser prerrogativa desses empreendimentos" e que as "hidrelétricas devem atuar continuamente para viabilizar o pagamento de serviços ambientais nas áreas de entorno sob sua responsabilidade". O especialista R15 mencionou a importância de se tratar o tema no que diz respeito ao uso múltiplo dos reservatórios:

[...] que apresentam uma significativa vantagem no uso das fontes hídricas em relação às demais, porque o local de acúmulo de sua fonte geradora – a água em reservatórios – proporciona usos importantes como: abastecimento em geral (humano, animal e industrial), regularização de vazões e controle de cheias, navegação interior, irrigação, piscicultura, paisagismo, urbanismo além de turismo e recreação. No local de acúmulo dos combustíveis das térmicas (fósseis, biomassa ou nuclear), não existe funções adicionais e nas fontes eólica e fotovoltaica, tal local de acúmulo sequer existe.

Corroborando Furtado (1985), o *tradeoff* entre crescimento econômico e sustentabilidade é inevitável; contudo, as respostas aos problemas energéticos não podem mais ser tratadas isoladamente. Uma parte das causas do baixo desenvolvimento encontra-se no contexto social, institucional e ambiental, o que sugere que os processos decisórios não poderão continuar desconectados das outras dimensões da energia.

Foi visto em Cohen (2003) que a abordagem econômica convencional não pode mais servir de referência na tomada de decisão, uma vez que a sustentabilidade demanda restrições de caráter ambiental. Na acepção de Bursztyn (2001), igualmente, devem ficar claros quais os custos sociais, como um todo, da não implantação de determinado projeto e suas possíveis variáveis, visto que envolver todas as partes na tomada de decisão também é um meio de reprodução da economia.

Por fim, é válido resgatar a proposta de Georgescu-Roegan (2012) sobre a importância da Lei da Entropia na origem da escassez econômica. Os recursos energéticos são finitos e as questões ambientais são, na atualidade, inerentes a quaisquer debates de natureza econômica. As ações na busca do crescimento e desenvolvimento invariavelmente pressionarão a natureza e os agentes econômicos terão de decidir pela alternativa viável que esteja sujeita a produzir os menores efeitos indesejáveis possíveis decorrentes do progresso.

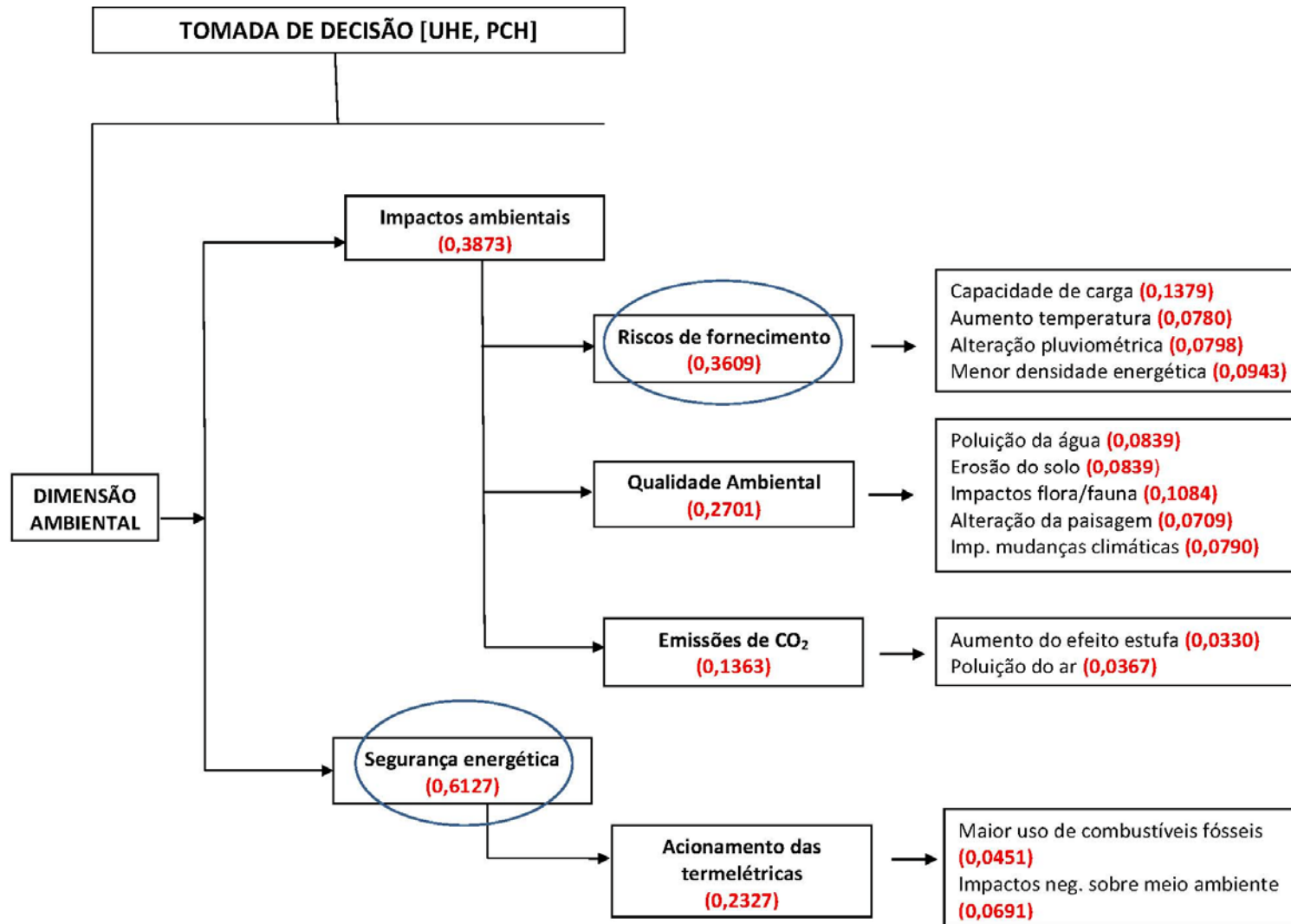


Figura 8 - Matriz Multicritério da Dimensão Ambiental
Fonte: A autora (2016).

5.4.2 Dimensão Econômica

5.4.2.1 Nível 1 - Critérios da dimensão econômica

Neste nível foram definidos os critérios viabilidade econômica, o custo da energia e o potencial hidrelétrico existente. Observe-se que a análise de viabilidade econômica de um projeto de qualquer natureza é pautada em diferentes critérios, tomando-se como referência o pressuposto básico de que o investidor deve auferir retornos econômicos superiores ao capital aplicado.

A viabilidade econômica recebeu 43,36% do total do peso relativo nesse nível, enquanto que os custos da energia 29,61% e o potencial das hidrelétricas paranaenses, 27,02%. Para os especialistas, a viabilidade econômica se mostra como uma variável determinante na tomada de decisão independentemente de outras que possam ter influência sobre o empreendimento.

O setor elétrico, conforme visto em Simioni (2006) é tratado como uma *commodity* e esse mercado concentra um número expressivo de consórcios que se organizam na forma de empresas em rede. Sevá Filho (2008) entende a indústria da eletricidade como uma "*holding* atuando em um mercado oligopolista". Outras críticas ao modelo de estruturação do setor elétrico brasileiro estão relacionadas às soluções imediatistas de curto prazo e nas práticas predatórias em relação ao meio ambiente e seus efeitos sobre a sociedade mais pobre, o que foi tratado por Freitas (2011), Leite (2011), Bermann (2007; 2001), Vasconcellos Filho (2006) e Rampazzo (2002).

5.4.2.2 Nível 2 - Subcritérios da dimensão econômica

Os especialistas consideraram a rentabilidade o subcritério de maior peso relativo nesse nível, o correspondente a 57,78% do peso total. Isso corrobora que a lógica do modo de produção capitalista ainda é dominante, independentemente do

caráter irracional e predatório desse modelo de expansão com base nas hidrelétricas, segundo autores como Sevá Filho (2008) e Bermann (2007).

No subcritério "estrutura dos custos físicos", a percepção dos especialistas indicou que esse não é um quesito muito importante, pois, no cômputo final desse nível, esse foi o subcritério de menor peso relativo, correspondente a 12,88%. O custo de oportunidade recebeu 15,28% do peso relativo enquanto a atratividade dos empreendimentos hidrelétricos, 14,05%. Esse resultado pode estar associado à percepção de que, ao desligar as térmicas, a partir do segundo semestre de 2015, novas possibilidades para negócios em hidroenergia poderiam se ampliar como visto em Monteiro (2015) e Rufino (2015).

É perceptível que os especialistas vejam na rentabilidade dos empreendimentos em hidroenergia o maior peso relativo, bem como nas variáveis relacionadas a indicadores econômicos. Entende-se que esse mercado é atrativo, mas a natureza do investidor está em um constante confronto entre a melhor relação custo e benefício, quando se busca a alternativa mais favorável entre os projetos alternativos.

5.4.2.3 Nível 3 - Alternativo da dimensão econômica

No terceiro nível da matriz multicritério da dimensão econômica verificou-se que os especialistas atribuíram o maior peso relativo para amortização dos investimentos, o equivalente a 25,49%. As usinas hidrelétricas demandam grandes aportes de capital e longo prazo de maturação, o que pode justificar esse resultado como visto em autores como Goldemberg (2007; 2001), Pires, Fernandez e Bueno (2006) e Sauer (2001). As demais variáveis associadas à rentabilidade como a liquidez ou solvência e o resultado do exercício obtiveram pesos relativos de 20,76% e 20,53% respectivamente. Os resultados são mostrados na Figura 9.

Esses resultados corroboram a lógica de tomada de decisão em um ambiente de livre competição, em que o capital deve retornar o mais rápido possível na forma de lucro (resultado do exercício positivo). Projetos dessa natureza ficam sujeitos a riscos de mudanças nas regras do setor elétrico, como argumentado por Vinhaes (2003), o que pode sustentar esse padrão de resposta.

O potencial de exaustão dos recursos hídricos recebeu peso relativo de 5,58% e o horizonte de planejamento, 5,84% enquanto que o aporte de combustíveis fósseis pela indisponibilidade de energia limpa, 4,45%. O potencial econômico recebeu peso relativo de 5,27%, enquanto o potencial aproveitável recebeu 5,21% e o teórico, 3,93%. Note-se que foram atribuídos pesos relativos muito próximos nessas variáveis que tratam essencialmente de eventos (os potenciais) suscetíveis de existirem ou ocorrerem. Nesse sentido, as projeções dos órgãos competentes e estudos pertinentes são os principais norteadores dos tomadores de decisão e corroboram as informações atualmente disponíveis no Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. O custo de transmissão recebeu peso relativo de 1,37% na opinião dos especialistas.

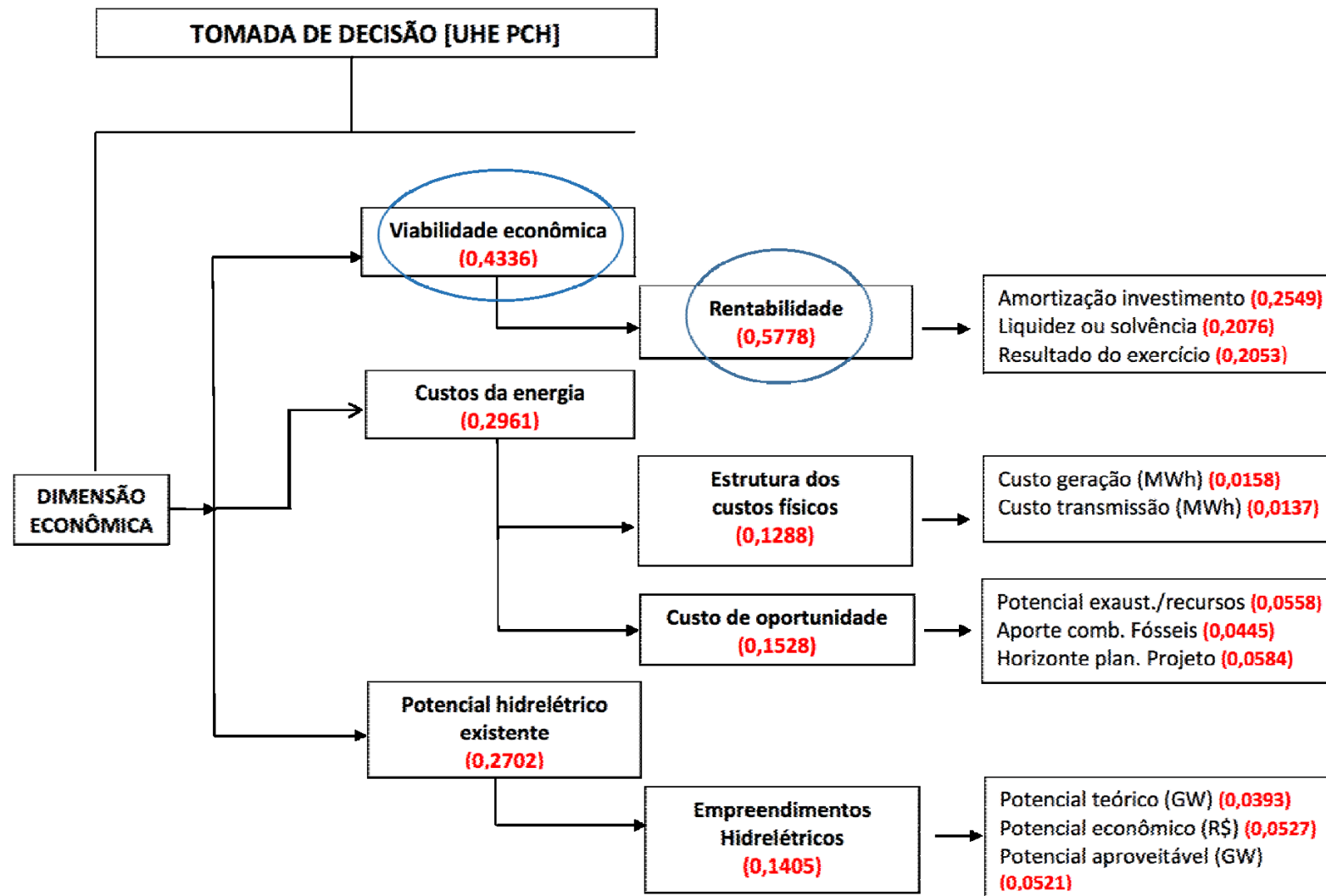


Figura 9 - Matriz Multicritério da Dimensão Econômica
Fonte: A autora (2016).

5.4.3 Dimensão Social

5.4.3.1 Nível 1 - Critérios da dimensão social

Para se estudar a inter-relação entre hidroenergia e sociedade, foram definidos os seguintes critérios: a capacidade de geração de renda dos empreendimentos hidrelétricos, o acesso à energia e o processo de desterritorialização. O modo de produção capitalista é incompatível com os propósitos das ciências ambientais e isso pode ser visto em Celso Furtado (1974), Nicholas Georgescu-Roegan (1971), Capra (1993), Schumacher (1983) para mencionar os estudiosos que se sobressaíram no meio acadêmico após o relatório do Clube de Roma. A economia, ao não considerar a importância dos aspectos socioambientais, só captura a parcela quantitativa de expansão do produto e da riqueza e negligencia aspectos sociais, ecológicos e humanos.

Em outra perspectiva, as estratégias de crescimento e desenvolvimento se mostram fortemente ancoradas em políticas de curto prazo, como verificado em Reis, Fadigas e Carvalho (2012), Pinto Junior et al. (2007), Sachs (1993; 2002) e Rampazzo (2002). Em Simioni (2006), evidencia-se que o planejamento energético brasileiro está estruturado para ampliação da oferta elétrica, fortalece investimentos em grandes empreendimentos e a matriz elétrica conta com baixa participação de outras fontes renováveis.

O processo de desterritorialização e seus desdobramentos foram tratados exaustivamente em Sieben (2012), em especial o tema envolvendo a perda do senso de espaço e território. Kalinowski (2011) e Cureau (2013) apontaram as fragilidades das políticas de assistência aos atingidos pelas barragens, constatando a urgência de projetos que promovam o desenvolvimento socioambiental de forma mais justa e inclusiva. Cruz e Silva (2010), Bursztyn e Bursztyn (2012) e Bursztyn (1995; 2001) tratam especificamente do tema política energética e conflitos ambientais no Brasil e exploram casos reais na bacia amazônica.

Na opinião dos especialistas, 37,84% do peso relativo foi atribuído ao subcritério acesso à energia, seguido do critério geração de renda, 31,33%. É perceptível que se estabeleceu uma relação positiva entre acesso à energia e geração de renda

como medida de bem-estar, por outro lado, Freitas (2011) chama a atenção que o não acesso à energia está relacionado aos altos preços das tarifas e referenciou o *Programa Luz para Todos* como um importante avanço social no meio rural. Em Raizer (2011), resgata-se a democratização do acesso à energia como uma questão de sobrevivência e coexistência. Em Sauer (2002a), o acesso à eletricidade é considerado essencial ao ganho de produtividade, manutenção do bem-estar e do exercício da cidadania no meio rural.

O processo de desterritorialização recebeu 30,83% do peso relativo, revelando que esse efeito provoca reflexos diretos sobre as decisões de investimentos em projetos de hidrelétricas. Os projetos de médio e grande porte envolvem a desocupação de áreas produtivas, deslocamento de população e, conseqüentemente, destruição de patrimônio cultural, paisagem, transmitindo a ideia de que a lógica econômica sobrepõe os interesses coletivos.

Esse tema é tratado amplamente em Bursztyn e Bursztyn (2012), Bursztyn (2001) e Little (2001), que pressupõem que a análise dos conflitos socioambientais deve partir de um contexto ambiental, geográfico e histórico, e em Frota (2005), que analisa o setor elétrico na perspectiva de seus "novos e velhos conflitos".

5.4.3.2 Nível 2 - Subcritérios da dimensão social

No julgamento dos subcritérios da dimensão social, os especialistas consideraram o maior peso relativo para postos de trabalho, o correspondente a 24,79%, seguido de destruição do patrimônio cultural, 21,79%. Empreendimentos hidrelétricos geram postos de trabalhos diretos e indiretos e se pode considerar um *marketing* positivo para os empreendedores na medida em que a economia local será aquecida pelo incremento da renda. Esse tema é tratado em Goldemberg (2010), Goldemberg e Lucon (2008) e Reis, Fadigas e Carvalho (2012).

Observa-se que tanto destruição do patrimônio cultural (21,79%) como deslocamento das populações (21,77%) recebeu grau de importância muito próximo. Esse resultado aponta parâmetros no processo decisório, que devem incorporar ações para mitigar esses efeitos no contexto da viabilidade dos empreendimentos.

O deslocamento de população é um tema que tem sido debatido desde a década de 1970, quando o setor elétrico partiu para a expansão da geração elétrica pela fonte hídrica. As questões relacionadas aos impactos socioambientais decorrentes desses empreendimentos têm sido intensificadas pelo fortalecimento dos movimentos e organizações não governamentais que têm mediado os conflitos de sobreposição de reivindicações entre atingidos e investidores Bursztyn (2001).

Conforme comentário de R16: "É importante que a avaliação estratégica de projetos em hidroenergia esteja conjugada com as características socioambientais da região". Por outro lado, R6 evidenciou que, no processo decisório sobre a implantação de empreendimentos hidrelétricos, "caberia também ao empreendedor atuar como agente indutor do desenvolvimento local, e não apenas deixar essa responsabilidade a cargo do Estado".

5.4.3.3 Nível 3 - Variáveis da dimensão social

Foram listadas 12 variáveis no nível 3 da matriz multicritério conforme inferido na Figura 10. Como ponto positivo, destaca-se que a variável geração de postos de trabalho direto obteve o maior destaque entre as 12 variáveis propostas, cujo peso relativo foi 15,40%. As hidrelétricas, independentemente do porte, geram postos de trabalho diretos na fase de projeto, implantação e operação, como verificado em Goldemberg (2010) e Reis, Fadigas e Carvalho (2012).

Por outro lado, o resultado do julgamento dos especialistas indica que há o desafio de tratar pontos críticos de ordem socioambiental como a pressão sobre a infraestrutura do local do empreendimento pelo aumento da densidade demográfica com 9,70% do peso relativo nesse nível, e a política de apoio aos atingidos com 11,52, tema tratado em Cruz e Silva (2010) e Bermann (2007). Além disso, a perda da idiosincrasia representou 9,47% do peso relativo e se mostra como uma questão que pode fortalecer o *marketing* negativo dos empreendimentos tal como tratado por Reis, Fadigas e Carvalho (2012), Pinto Junior et al. (2007), Bursztyn (2001) e Little (2001), para referenciar autores que estudam a realidade brasileira. A realocação indiscriminada dos atingidos, os efeitos dos impactos globais e de direitos difusos e

a expansão da ação do movimento dos atingidos pelas barragens receberam pesos de 9,91%, 6,09% e 4,75%, respectivamente.

R18 é um especialista em temas envolvendo indenizações a grupos de atingidos por projetos hidrelétricos e fez a seguinte observação "o problema é que a política de indenização resolve a questão financeira, mas não existe um acompanhamento após esse processo, e as famílias ficam numa situação de semi-abandono". O especialista R8 ressalta que "na análise de empreendimentos hidrelétricos, o custo indenizatório dos agentes envolvidos deveria ser incorporado sob a perspectiva financeira e de custo de oportunidade socioambiental".

Ao se estabelecer uma inter-relação entre o acesso à energia como forma do aumento do consumo *per capita*, é perceptível que os especialistas julgam que ocorrerá uma expansão do consumo tanto das famílias ao atribuírem um peso relativo de 5,61% nessa alternativa, como para as organizações, cujo peso relativo foi de 8,18%. O aumento da renda leva ao aumento do consumo de bens duráveis pelas famílias e, conseqüentemente, há elevação no consumo em KW/h. Nas organizações, o incremento se dá pela aquisição de novas máquinas e equipamentos. Note-se que ao tomar a expansão do consumo, projetada no Planejamento Energético 203 e Plano Decenal de Expansão da Energia, esse resultado corrobora a necessidade de extensão do parque gerador.

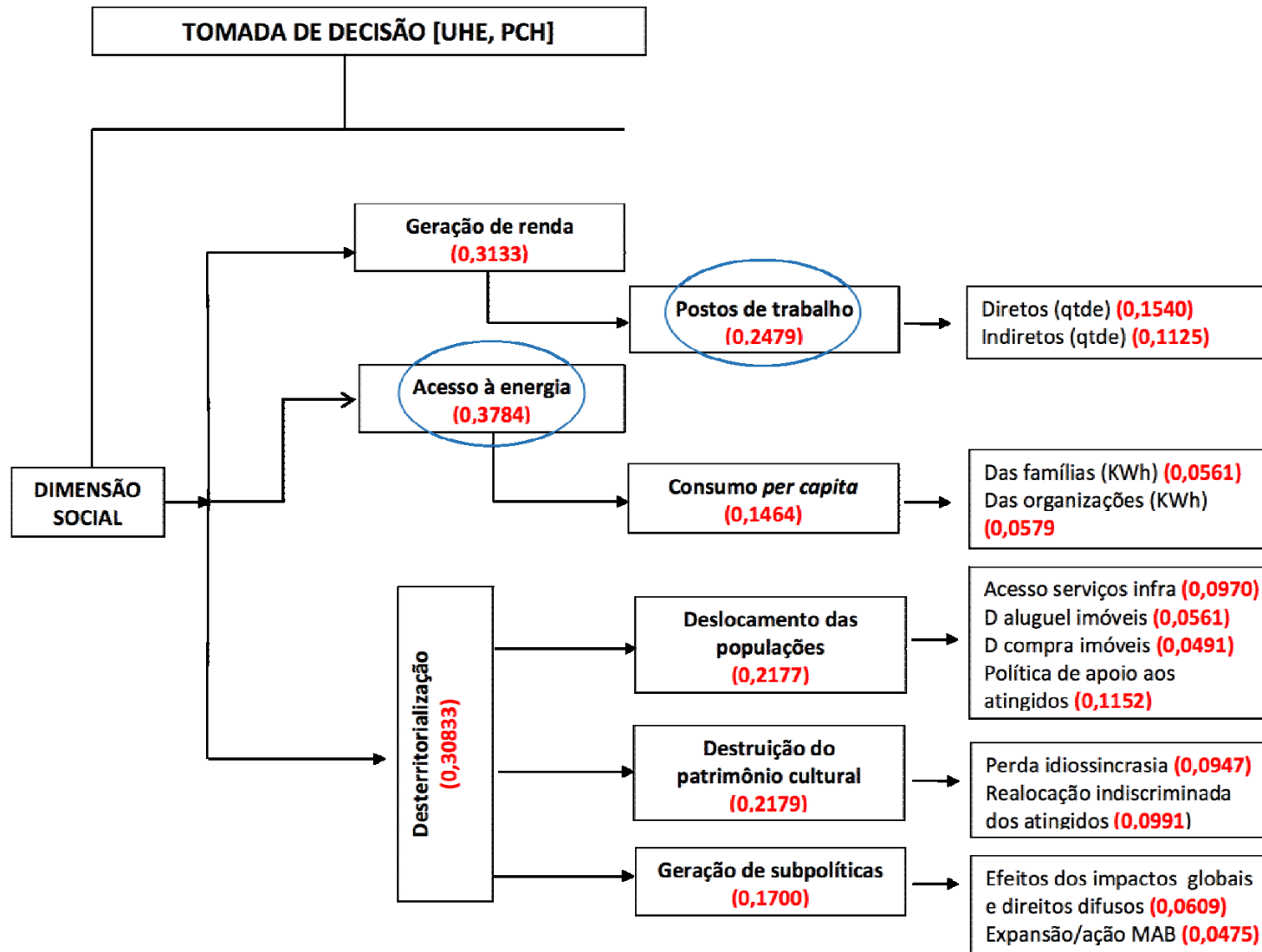


Figura 10 - Matriz Multicritério da Dimensão Social
Fonte: A autora (2016).

5.4.4 Dimensão Institucional

5.4.4.1 Nível 1 - Critérios da dimensão institucional

Neste nível foram definidos os critérios: o papel e atuação do Estado, a condução da política energética nacional e a política ambiental. De acordo com os especialistas, a política energética representa o maior peso relativo nessa dimensão em uma proporção de 35,12% seguida da política ambiental, com 34,28%. A percepção do papel do Estado representou 30,60%. No cômputo global, os três critérios se mostram muito importantes no processo decisório em projetos de hidrelétricas na medida em que suas ponderações foram muito próximas. A política energética é uma atribuição exclusiva do Estado e o seu funcionamento é descrito no Capítulo 4 dessa pesquisa, discutido à luz da constituição do setor elétrico brasileiro e paranaense.

O Estado empreendedor é uma característica marcante do desenvolvimento nacional brasileiro, o que pode justificar a ênfase na política energética como objeto de atenção dos especialistas que, direta e indiretamente, valem-se das projeções manifestadas dos Planos de Expansão do Setor Elétrico, projetos e programas de melhoria da infraestrutura elétrica do país. Cabe evidenciar as críticas de Oliveira (2012) ante o desencontro do planejamento estatal e as políticas socioambientais, e Vasconcellos Filho (2006) frente ao Estado licenciador *versus* Estado empreendedor. Outra fragilidade na questão institucional é a limitação das equipes técnicas em liberar os processos de licenciamento que, além de morosos, são questionados judicialmente em alguns casos.

A hidroeletricidade em países com grandes bacias hidrográficas exploráveis enfrenta atualmente dificuldades em superar as barreiras socioambientais que têm se mostrado um fator crítico na manutenção desse modelo (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). No caso brasileiro, a fragilidade da política energética e a irracionalidade verificada em processos de licenciamento ambiental de empreendimento de geração elétrica posicionam o Brasil entre os países em desenvolvimento com baixa capacidade de competitividade. Entre os pontos críticos da falta de infraestrutura adequada, a

energia é tratada como um desafio a ser superado, o que foi discutido por Monteiro (2015), Rufino (2015) e Pires, Fernandez e Bueno (2006).

Em particular, esses três temas foram verificados em Tolmasquim (2012), Oliveira (2012), Leite (2011), Goldemberg (2010), Bicalho (2009), Vich e Mansor (2009), Pinto Junior et al. (2007), Silva (2006) e Vasconcellos Filho (2006).

5.4.4.2 Nível 2 - Subcritérios da dimensão institucional

O segundo nível dessa dimensão foi decomposto em seis subcritérios, o que resultou na fragmentação da distribuição dos pesos relativos. Na opinião dos especialistas, as políticas públicas do setor elétrico são consideradas muito importantes e receberam peso relativo de 20,61%%. Foram tratadas nos estudos de Oliveira (2012), que critica a atuação das instituições brasileiras por sua estrutura interna frágil e que incentiva soluções customizadas de acordo com os interesses dos empreendedores em Simioni (2006) ao evidenciar, nos obstáculos políticos, uma barreira significativa na aceitação de projetos com tecnologias renováveis.

Silva e Souza-Lima (2010) posicionam o Estado como o ator responsável pelo bem-estar social e as políticas públicas macroeconômicas são o meio para atingir esse fim. Kaldellis, Kapsali e Katsanou (2012) reforçam que cabe ao Estado remover barreiras burocráticas e melhorar os instrumentos de política energética enquanto Tsoutsos et al. (2007) enfatizam a necessidade de uma melhor compreensão da lógica de implantação de pequenas centrais hidrelétricas como vetores do desenvolvimento regional.

A eficiência energética recebeu o segundo maior peso relativo: 18,46%. Ao se evitar novos empreendimentos hidrelétricos, é possível auferir economias que estão expressas no Plano Nacional de Eficiência Energética 2011 (última versão oficial). Há também no Programa de Conservação de Energia Elétrica um canal estratégico atuando com metas de redução de consumo de eletricidade em prédios públicos, programas educacionais, entre outras iniciativas.

Com relação ao papel da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na função de principal órgão regulador do setor elétrico brasileiro, os especialistas atribuíram

18,46% do peso relativo nesse subcritério. Tratando-se do órgão que gere as atividades do setor, e que o excesso de regulação é um tema amplamente debatido, os especialistas parecem vê-lo como inerente ao processo decisório, com pouca margem de manobra para as empresas, inclusive porque a sua instância de atuação é Federal como referenciado por Monteiro e Santos (2010). O excesso de medidas provisórias compromete o dinamismo de um setor elétrico que dá sinais de que precisa ser reformulado para restabelecer a competitividade da indústria nacional (VINHAES, 2003). Em Sevá Filho (2008), a crítica se dá na forma de atuação da ANEEL, que se posiciona "de modo desregulatório".

O subcritério "recursos hídricos" recebeu peso relativo de 14,30% e o "reorientação espacial das hidrelétricas", 13,76% e foram tratados por Rauber e Cruz (2013) e Moretto et al. (2012) respectivamente. Note-se que a inserção das hidrelétricas ocorre em meio a amarras políticas e econômicas, o que pode comprometer a segurança energética.

5.4.4.3 Nível 3 - Variáveis da dimensão institucional

Foram listadas 12 variáveis no nível 3 da matriz multicritério institucional de acordo com a Figura 11. O maior peso relativo nesse nível foi atribuído a fontes de financiamento, que recebeu 12% na opinião dos especialistas. O acesso a fontes de financiamento internas e externas é tratado em Oliveira (2012) e em Silva (2006), que afirmam que a expansão de programas como o PROINFA para apoiar projetos de pequenas centrais hidrelétricas é importante na diversificação das energias renováveis. Simioni (2006) mostra a atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social como um dos principais órgãos de fomento do setor elétrico e recebeu 10,56% do peso relativo na opinião dos especialistas.

A questão da concessão de licenças tem peso relativo de 10,97% para os especialistas e é tratada de forma ambígua, pois de um lado visa proteger as áreas afetadas pelas hidrelétricas e de outro, veta novos projetos e/ou atrasa a consecução de cronogramas de obras em andamento, como visto em Vasconcelos Filho (2006).

A fragilidade da atuação dos órgãos ambientais é apontada por Kalinowski (2011), Sevá Filho (2008), Vinhaes (2003).

Em termos de potência instalada em usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas, o peso relativo atribuído foi 8,46% e 9,11%, respectivamente. As pequenas centrais hidrelétricas configuram uma alternativa aos projetos de grande porte e são tratadas como alternativa viável especialmente nos países com alto potencial de disponibilidade de recurso hídricos e regulação ambiental muito burocrática e morosa, como é o caso de Canadá e Noruega. No Brasil, fica expresso no Plano de Expansão Decenal de Energia 2024 o interesse em reativação de pequenas centrais hidrelétricas, que recebeu o peso relativo de 8,68% na opinião dos especialistas.

A política hídrica paranaense é responsabilidade do Comitê de Bacias hidrográficas do Paraná, que é o âmbito no qual se discutem as questões sobre geração e utilização da água. Os especialistas atribuíram um peso relativo de 8,52% para essa alternativa. Sauer (2002c) critica que o novo modelo do setor elétrico ignora premissas fundamentais na correta gestão de recursos hídricos, conforme definido na Lei das Águas ao prever a transferência de sistemas de geração ao setor privado e, concomitantemente, o direito de, dentro de suas premissas, gerir os recursos hídricos.

Sobre o grau de regulação da ANEEL, foi atribuída a importância de 7,06% na opinião dos especialistas e tratado em Pires, Fernandez e Bueno (2006) à luz da ausência de regras claras e estáveis, gerando uma insegurança regulatória que pode afastar os investidores. Tal situação referencia Monteiro (2015), no que tange ao excesso de medidas regulatórias entre 2012 e 2015, que resultou em desestabilização do setor e aumento da insegurança dos investidores e consumidores. Da mesma forma, a melhoria da governança corporativa nas Estatais poderia ajudar a restaurar a confiança dos investidores. Na opinião do especialista R19, que além de larga experiência prática possui formação em engenharia e direito e atua conjuntamente nas duas áreas, uma alternativa crítica nessa dimensão é a política federal, uma vez que:

A implantação ou não de empreendimentos hidrelétricos no Paraná depende essencialmente da existência de aproveitamentos hidrelétricos disponíveis, da política federal quanto a novas hidrelétricas, sendo que esta última variável está sob controle exclusivo do Governo Federal sem margem para atuação por parte dos investidores ou demais agentes interessados.

A implantação ou não de aproveitamentos hidroenergéticos no Estado paranaense é condicionada ao interesse empresarial nos empreendimentos disponibilizados em leilões (para usinas acima de 300 MW) e em estudos existentes (centrais abaixo de 30MW). Contra esses interesses existem as dificuldades regulatórias, devido à superposição de atribuições de diversos agentes reguladores e dificuldades devido à oposição local por razões diversas como a ação dos movimentos sociais, perda de áreas agricultáveis entre outros.

O especialista R12 afirma a importância de que seja revista a atual estrutura do órgão de licenciamento ambiental do Paraná, a qual se mostra insuficiente para atender a demanda configurando-se como um gargalo decisivo na tomada de decisão:

[...] são 3 funcionários em outubro de 2015 analisando 255 estudos sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Hidrelétricas de Geração. A produção é de 25 estudos analisados por ano. [...] é preciso lembrar que o setor elétrico é de atribuição federal, contudo, o licenciamento é em nível estadual, ocorrendo diferentes níveis de interesse entre as esferas que influenciam na agilidade de condução desses processos.

No aspecto das políticas regionais, esse tema é amplamente tratado e estudado à luz dos problemas regionais do estado do Paraná por Kalinowsky (2011) e Müller (1995). Nessa alternativa, os especialistas atribuíram um peso relativo de 6,48%. O ônus das compensações financeiras^{40,41} podem comprometer a viabilidade e aumentar os riscos de projetos de natureza hidroenergética.

⁴⁰ A Compensação Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica foi instituída pela Constituição Federal de 1988. Trata-se de um percentual que as concessionárias de geração hidrelétrica pagam pela utilização dos recursos hídricos, cabendo à Agência Nacional de Energia Elétrica gerenciar a arrecadação e a distribuição dos recursos entre os beneficiários: Estados, Municípios e órgãos da administração direta da União (ANEEL, 2015).

⁴¹ Na Lei n.º 8.001, de 29 de março de 1990, com modificações dadas pelas Leis n.º 9.433/97, n.º 9.984/00 e n.º 9.993/00, foi instituído que serão destinados 45% dos recursos da compensação financeira aos municípios atingidos pelos reservatórios das usinas hidrelétricas.

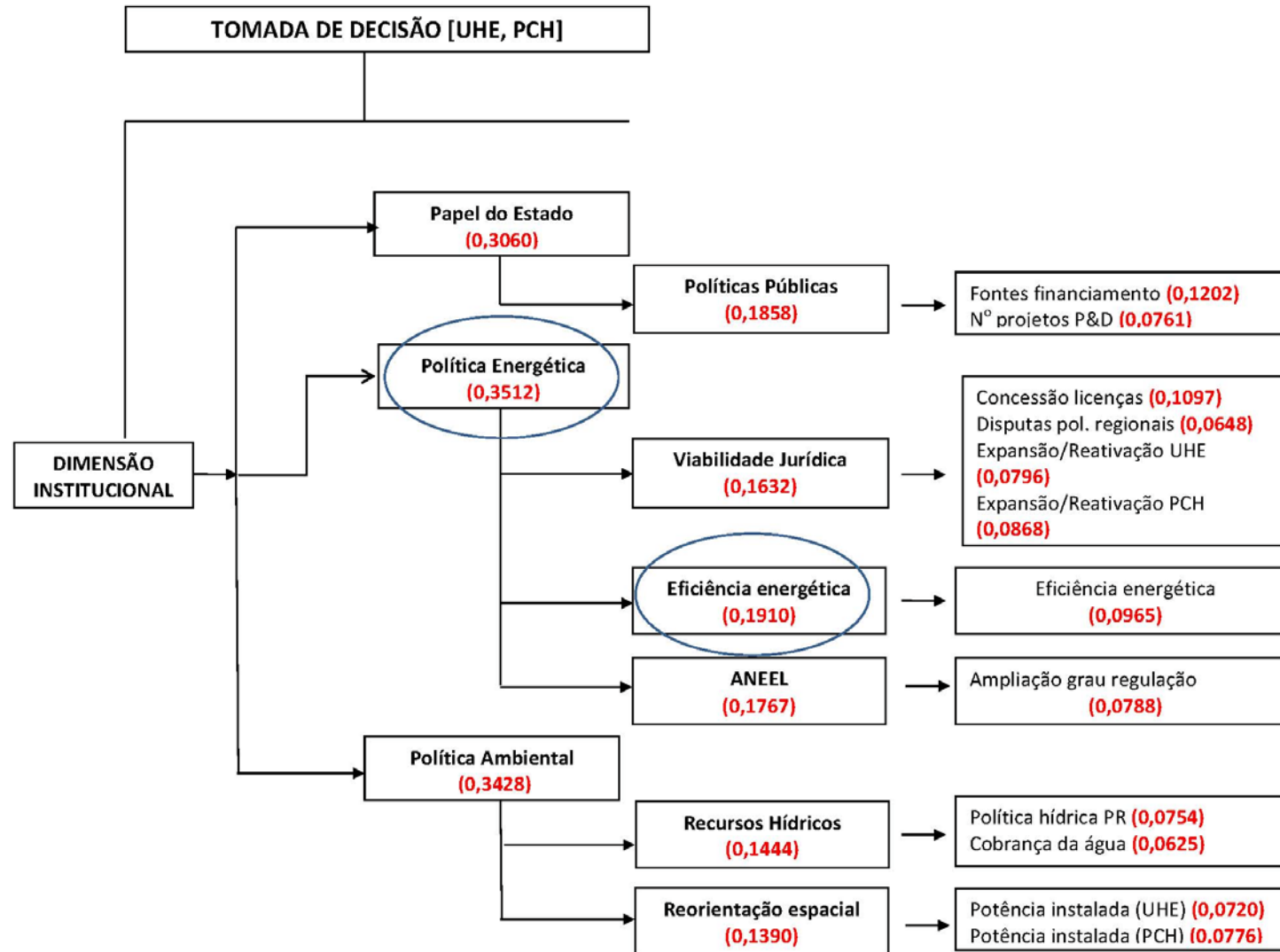


Figura 11- Matriz Multicritério da Dimensão Institucional
Fonte: A autora (2016).

5.5 VISÃO GERAL DOS RESULTADOS DA MATRIZ MULTICRITÉRIO NO NÍVEL 3

A Figura 12 infere o resultado de prioridade entre os elementos da matriz multicritério nas diferentes dimensões da energia. Os especialistas utilizaram do Método Delphi para atribuir grau de importância e a Análise Hierárquica de Processos (AHP) para estabelecer os pesos relativos da matriz. Note-se que o modelo é flexível e reflete o contexto do setor elétrico paranaense no ano de 2015, ficando em aberto a possibilidade de se agregar outros elementos e ampliar o estudo de acordo com novos contextos.

Na hierarquização final das variáveis do nível 3 da dimensão ambiental, a capacidade de carga do sistema regional e os impactos negativos sobre o meio ambiente foram considerados os mais importantes quesitos no processo decisório. Esse resultado é inferido no Gráfico 4. Essa evidência sugere que a capacidade de carga deve suportar a demanda de eletricidade da região. Outro aspecto é que, além de cumprir a legislação ambiental brasileira e paranaense, os projetos devem apresentar propostas com ações de mitigação dos efeitos negativos. Se as propostas e ações propostas mitigadoras forem promovidas também pelas autoridades competentes podem funcionar como mais um canal de promoção do crescimento e desenvolvimento sustentável. As hidrelétricas carregam o estigma de projetos predatórios, contudo essa a fonte é a mais utilizada na geração de eletricidade conforme apontado no planejamento energético brasileiro. Esse resultado não só corrobora o que já foi discutido na literatura, como pode indicar para os investidores os pontos sensíveis que reforçam as implicações negativas desses empreendimentos.

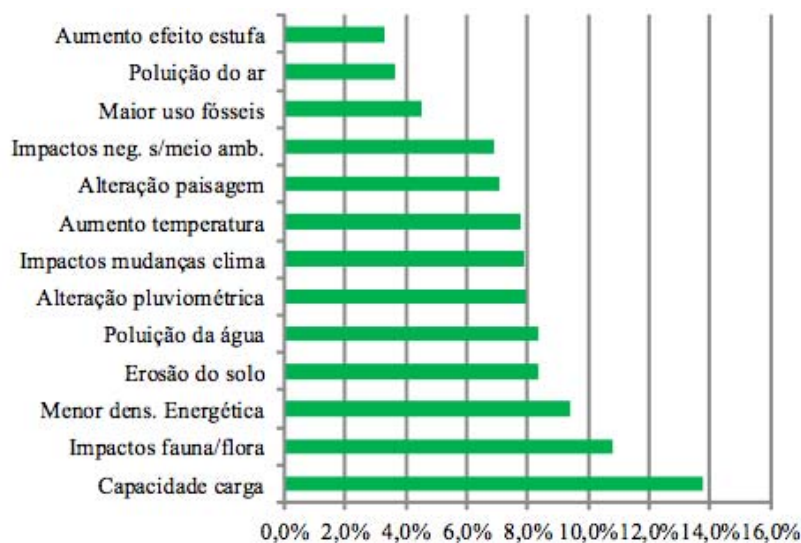


Gráfico 4 - Dimensão Ambiental
Fonte: A autora (2016).

Na hierarquização final das variáveis nível 3 da dimensão econômica, a amortização dos investimentos, a liquidez e o resultado do exercício foram os quesitos considerados mais importantes no processo decisório. A avaliação econômica ainda é o instrumento de tomada de decisão mais utilizado pelos investidores, pois mostra os resultados possíveis que o projeto pode gerar sob determinadas condições, bem como a relação em termos de retorno esperado sobre o capital aplicado. Os resultados da dimensão econômica são mostrados no Gráfico 5.

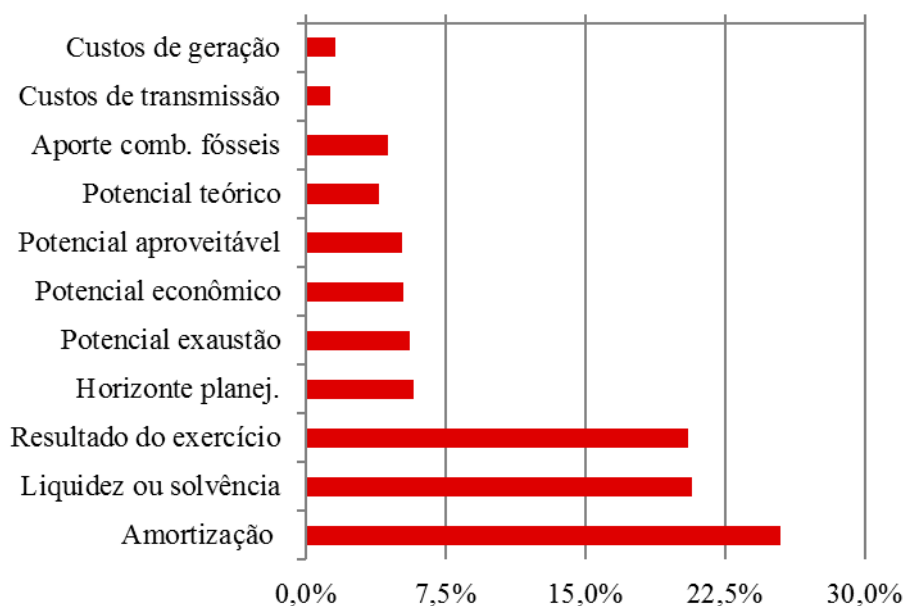


Gráfico 5 - Dimensão Econômica
Fonte: A autora (2016).

Os projetos hidrelétricos demandam altos investimentos e longo prazo de maturação. Nota-se que essa premissa coincide com a opinião dos especialistas que consideraram a variável amortização 25,49% do peso total relativo na dimensão econômica. Esse resultado está de acordo com a lógica do processo decisório custo-benefício verificado em Mankiw (2009), já que os agentes reagem a incentivos.

Em outra perspectiva, o horizonte de planejamento recebeu o terceiro maior peso relativo, ou 20,53%. A insegurança gerada pelo excesso de regulação e falhas da Agência Nacional de Energia Elétrica em estabelecer um marco regulatório, alinhado às necessidades dos empresários do setor, podem justificar esse resultado. Conforme visto em Sevá Filho (2008), a energia hoje é tratada como uma *commodity* de forma que esse foi um resultado esperado.

Na hierarquização final das variáveis do nível 3 da dimensão social, os postos de trabalho diretos, a política de apoio aos atingidos e os postos de trabalho indiretos foram as mais importantes variáveis consideradas no processo decisório em empreendimentos hidrelétricos. Os resultados da dimensão social são mostrados no Gráfico 6.

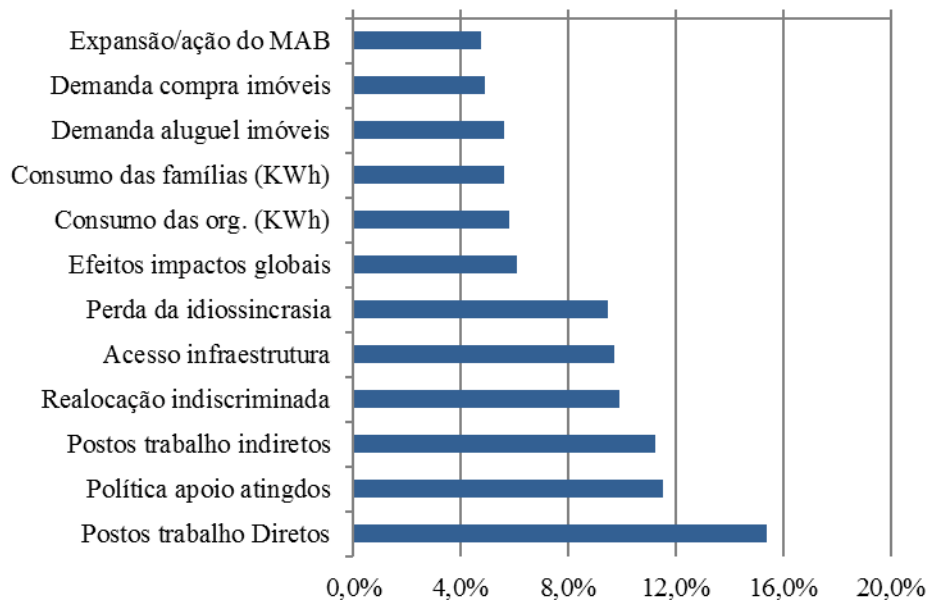


Gráfico 6 - Dimensão Social
Fonte: A autora (2016).

A avaliação social tem ganhado uma importância relativa na tomada de decisão dos investidores, pois, dependendo de como o empreendedor vai tratar os impactos negativos, pode ter seu projeto inviabilizado. Nesse sentido, projetos hidrelétricos de grande porte, por exemplo, que demandam extensas áreas para alagamento e construção de barragens e/ou reservatórios, geram conflitos políticos pela desapropriação de moradores que são afetados pela transformação em sua relação de trabalho, do patrimônio cultural e outros aspectos não mensuráveis e passíveis de ressarcimento econômico.

As questões sociais são de difícil tratamento, pois envolvem custos não aparentes, além do que as políticas públicas, o orçamento e o corpo técnico regularmente disponível não conseguem resolver os impasses das estruturas sociais atingidas. Seria necessária uma ação mais direta de criar oportunidades a essas comunidades, além do reembolso pela perda de seu "espaço". Esse assunto tem sido responsável pela ampliação das organizações não estatais e movimentos que se mostram ativos e solidários ao defender os grupos atingidos pelas hidrelétricas, em especial os projetos de grande porte.

Na hierarquização final do nível 3 da dimensão institucional, as fontes de financiamento, a concessão de licenças e a eficiência energética foram as variáveis mais importantes no processo decisório segundo a opinião dos especialistas e inferidas no Gráfico 7. A indisponibilidade de fontes de financiamentos mais adequadas a projetos hidrelétricos sempre foram um ponto crítico na expansão do parque gerador nacional. Algumas mudanças promovidas pelo marco regulatório do setor elétrico em 2004 conferiram ao setor um caráter mais de mercado. A entrada da iniciativa privada atuando conjuntamente com o Estado dinamizou iniciativas de investimento, contudo estas ainda se mostram insuficientes. Prova disso é que o maior investidor ainda é o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

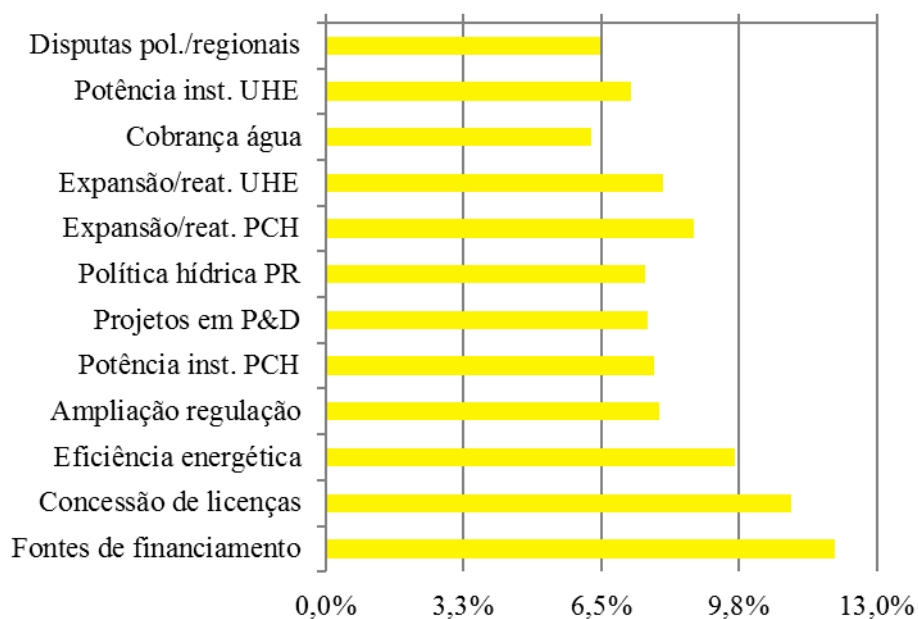


Gráfico 7 - Dimensão Institucional
 Fonte: A autora (2016).

A demora na concessão de licenças ambientais foi o segundo maior peso relativo na opinião dos especialistas. No caso paranaense, analogamente ao que ocorrem em outras regiões do país, as equipes dos órgãos de licenciamento são enxutas para o número de processos em trâmite. Esse problema – somado ao rigor com que muitos projetos são submetidos – pode comprometer a viabilidade de alguns empreendimentos, o que aumenta ainda mais a insegurança dos potenciais investidores. No caso da eficiência energética, sua eficácia ainda se dá com maior alcance na iniciativa privada.

5.6 APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO EM ESTUDOS NA ÁREA DE ENERGIA

Segundo Zeleny (1994), a Análise Hierárquica de Processos (AHP) é baseada na comparação em pares de critérios com o objetivo de responder a duas perguntas: (a) quais são os critérios de maior importância? e (b) qual a proporção dessa importância? O fundamento dessa abordagem consiste na substituição de escolhas

intuitivas por decisões justificadas e contam, geralmente, com a participação de especialistas no tema.

Projetos em expansão da capacidade de geração de energia envolvem hoje um extenso número de variáveis que devem ser consideradas na análise de viabilidade de projetos. Além dos requisitos da relação custo-benefício, existem restrições de caráter socioambiental, uma legislação considerada rigorosa e uma política energética que demanda a consecução de um novo marco regulatório.

Nesse sentido, os resultados aqui apresentados podem balizar estudos que envolvam decisões entre projetos de hidroenergia competindo entre si, ou projetos de hidroenergia competindo com outras fontes renováveis. O peso relativo atribuído a cada variáveis em projetos de fonte hídrica pode servir de referência para avaliar riscos, custos de oportunidade e, sobretudo, o fator mais crítico da natureza desses empreendimentos: a demora ou a não concessão de licenças ambientais para implantação dessas unidades.

Considerando que o recorte dessa pesquisa é o Estado do Paraná, os especialistas selecionados se restringiram ao mercado local. Uma das principais vantagens foi a seleção de um grupo heterogêneo, com experiência profissional média de 15 anos atuando em universidades, empresas e órgãos vinculados ao setor elétrico de distintos segmentos da estrutura econômica paranaense. Os resultados refletem o contexto local, a forma de atuação das empresas públicas e privadas e as instituições vinculadas a essa atividade. Procurou-se identificar o maior número possível de critérios, subcritérios e variáveis para validação do modelo teórico proposto, e, nesse sentido, a aplicação do Método Delphi e a Análise Hierárquica de Processos (AHP) foram adequadas para coletar as opiniões e tratar a posteriori os resultados por meio de métodos estatísticos, conferindo maior confiabilidade aos potenciais usuários desses dados.

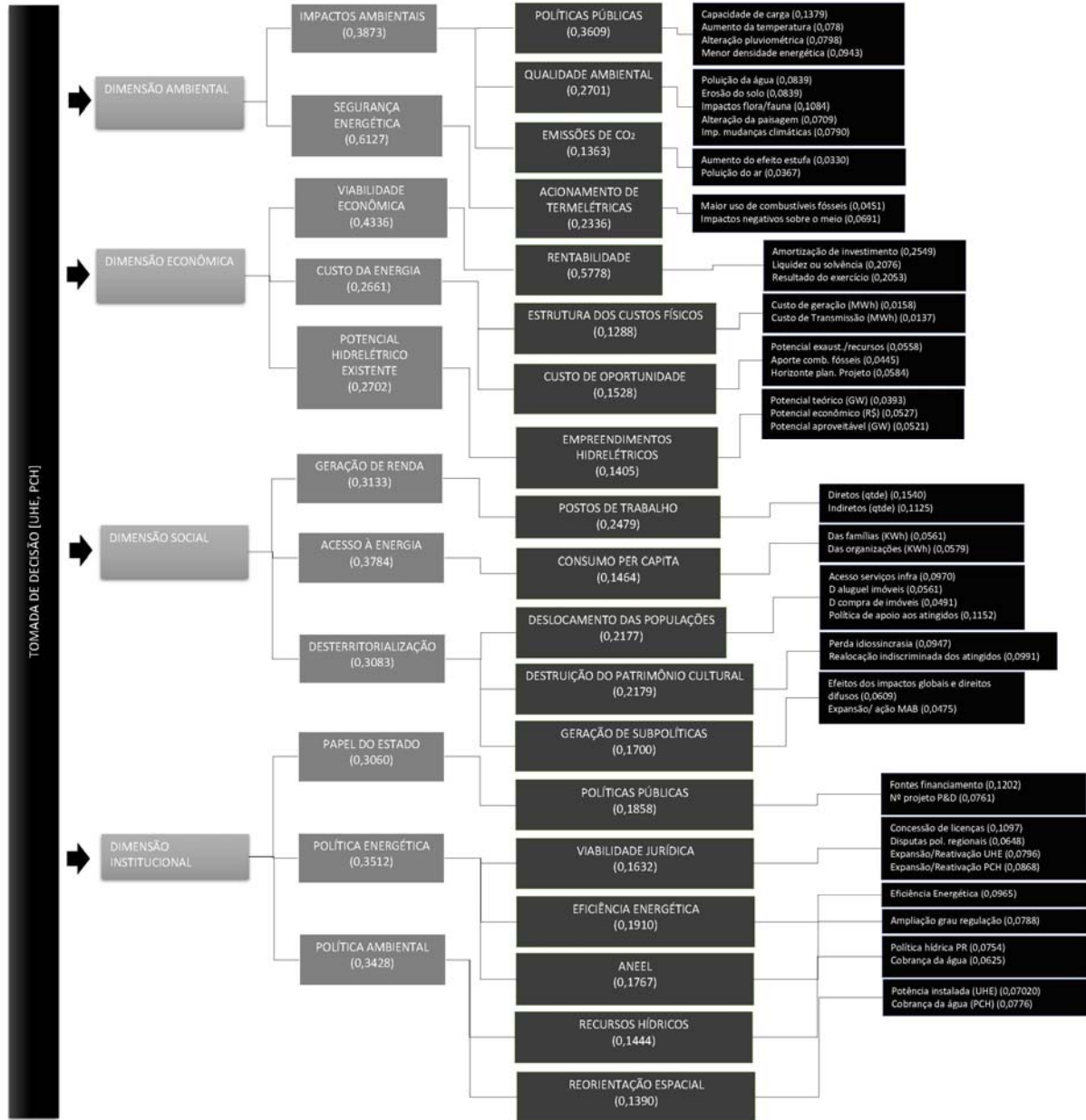
Um ponto positivo na dimensão social é a percepção de que esses empreendimentos geram postos de trabalho e trazem dinamismo econômico à área na qual o projeto será implantado. O grande desafio é compatibilizar os ganhos com as perdas associadas às populações atingidas. Em matéria de energia, dificilmente esse *tradeoff* em será resolvido por meio de uma relação ganha-ganha. Diante disso, espera-se que esse trabalho possa contribuir para orientar gestores, formuladores

de políticas públicas, pesquisadores e demais interessados nesse tema, que é tratado hoje em termos de planejamento estratégico em nível federal.

Em um cenário de crescentes incertezas, como atravessa hoje a economia brasileira, contribuições como proposto nessa pesquisa podem sinalizar oportunidades e ameaças desse mercado. A visão integrada da energia em suas múltiplas dimensões e o tratamento multidisciplinar aos critérios, subcritérios e variáveis na construção da matriz multicritério, conferem um maior grau de alcance na busca de potenciais para os problemas da expansão baseada na hidroeletricidade.

A Figura 12 (Árvore de Decisão) sintetiza os resultados que respondem ao objetivo geral desse estudo que foi propor uma matriz multicriterial associada à opção de fontes hídricas que considere o peso e a importância relativa das variáveis que influem na decisão por empreendimentos de geração de eletricidade no Estado do Paraná.

Figura 12 - Árvore de Decisão



6 CONCLUSÃO

À luz da História, ao se referenciar Braudel (2013), observa-se que a energia sempre foi uma preocupação dos povos e também uma questão que envolve saberes, discursos, fatos socioculturais e práticas, que demanda uma nova postura dos governos e da sociedade, na forma da sua obtenção e utilização.

Sabe-se também que esse tema tomou diferentes formas ao longo da História, e que somente no mundo moderno a energia passou a ser uma preocupação de Estado entre os mais importantes dos governos. A energia influencia a vida de toda sociedade, e, ainda, provoca o interesse privado, haja vista a sua capacidade de gerar lucro em distintos aspectos.

Sem ela, não é possível desenvolvimento. Com ela, há impactos de várias ordens, particularmente o socioambiental, que hoje é uma das mais graves situações por que passa o homem. O Brasil é um dos maiores produtores de energia elétrica do mundo, cuja origem vem de suas possibilidades hídricas. Nesse contexto, O Paraná é o estado da federação onde está localizada nada menos do que a histórica hidrelétrica de Itaipu, que já foi considerada a maior usina do planeta.

Novas demandas trazem a necessidade de mais energia, sem a qual o país sofreria colapsos, como ocorreu durante os apagões nos anos de 2001-2002 e mais recentemente em 2012-2014. O aumento do consumo *per capita* de eletricidade e o dinamismo da economia do Paraná, sugerem a necessidade de se ampliar a oferta de eletricidade e é no potencial hídrico que essa demanda será atendida. A participação das outras fontes alternativas na matriz elétrica paranaense ainda é insuficiente para atender as necessidades da economia local. O Paraná em 2014 foi responsável por 16,47% do total da energia elétrica gerada no país ou o equivalente a 98.834 GWh. Esses dados sugerem oportunidades no mercado de eletricidade de um lado, e, de outro, o enfrentamento de *tradeoffs* entre as distintas dimensões da energia que envolve projetos dessa natureza.

A partir dessas considerações preliminares, identificou-se a oportunidade de desenvolver uma matriz de apoio à tomada de decisão em projetos hidrelétricos a partir da realidade paranaense. Para orientar a condução dessa pesquisa definiu-se como objetivo geral propor uma matriz multicriterial associada à opção de fontes

hídricas que considere o peso e a importância relativa das variáveis que influenciam na decisão por empreendimentos de geração de eletricidade no Estado do Paraná.

Para a construção do modelo teórico, a partir da revisão da literatura foi levantado um conjunto de variáveis que considerou as quatro dimensões da energia: ambiental, econômica, social e institucional. Essas variáveis foram validadas por um painel de 21 (vinte e um) especialistas atuantes no setor empresarial elétrico paranaense, por meio da Técnica Delphi. Com base nesse *rol* de variáveis foi possível construir a matriz multicritério. Com a utilização de técnicas estatísticas e matemáticas, as respostas coletadas por meio da Análise Hierárquica de Processos (AHP) foram agregadas, gerando como produto final a Árvore de Decisão (Figura 12).

Na Figura 12 é possível visualizar as quarenta e oito variáveis no contexto geral das quatro dimensões da energia proposta pelo modelo teórico. Tanto a Técnica Delphi quanto a Análise Hierárquica de Processos (AHP) se mostraram eficazes aos propósitos desse estudo. A análise multicritério foi fundamental no processo de estruturação e construção da matriz de decisão, desde a definição do problema até o resultado final, que foi hierarquizar e calcular os pesos relativos de cada variável do estudo.

Os resultados foram integralmente confrontados com a literatura e a opinião dos especialistas vai ao encontro do que foi discutido na fundamentação teórica, confirmando que os desafios impostos ao setor elétrico nacional se reproduzem no espaço local, e que o planejamento energético deveria focar e considerar os aspectos regionais. Outro ponto relevante é o próprio perfil do desenvolvimento paranaense, relativamente energo-intensivo nas atividades do setor primário e secundário, que alerta para além da continuidade do fornecimento.

Note-se que havia um resultado esperado sobre a continuidade do viés econômico como principal critério na tomada de decisão que foi confirmado. Na questão ambiental também havia uma expectativa da importância dos impactos negativos diretos e seus desdobramentos como entraves legais, o que compromete muitas decisões de investir em hidrelétricas, o que também foi confirmado. Por outro lado, a matriz multicritério indicou um aspecto socioambiental positivo que foi o potencial de geração de renda que esses empreendimentos podem produzir bem como benefícios para a melhoria da economia local. A preocupação com a questão socioambiental é visível ao se analisar a distribuição dos pesos relativos entre os

subcritérios e variáveis do modelo, revelando uma nova forma de se ver esse problema no contexto da avaliação de projetos.

No que tange à política energética brasileira, identificou-se a incompatibilidade do planejamento em se alinhar às demais políticas macroeconômicas e a centralização do planejamento nacional. No caso brasileiro o setor elétrico é oligopolista, marcado por interesses corporativistas e necessita de um marco regulatório que transmita segurança aos agentes econômicos, em especial os investidores. Em decorrência dessa falta de integração, a eletricidade no Brasil atualmente é expressivamente cara, sendo um dos insumos que contribui para acentuar a falta de competitividade no mercado internacional. Além disso, entre os preços administrados foi um dos serviços que contribuiu fortemente para acelerar a inflação no ano de 2015.

A construção da matriz de decisão associada à leitura do cenário local, pode orientar na formulação de políticas públicas, decisões empresariais de organizações públicas e privadas e/ou nortear outros estudos correlatos. Com esse instrumento o tomador de decisão ao identificar a importância e o peso relativo de cada variável, pode simular a partir de diferentes combinações de critérios, subcritérios e distintas variáveis, os resultados dos possíveis ganhos e potenciais riscos associados ao negócio de hidrelétricas. Ademais, a decisão deixa ser intuitiva e passa a ser balizada por um instrumental matemático e estatístico que reflete e considera a realidade local paranaense.

Outro aspecto, é que a aplicação do modelo poderá ser utilizada para representar a efetividade de políticas públicas existentes, como por exemplo, a criação e/ou destinação de recursos na forma de fontes de financiamentos para esses projetos, projetos socioambientais para melhor atender as populações atingidas por hidrelétricas, diminuir a burocracia e reduzir o tempo de aprovação de licenças específicas em todas as fases de construção das hidrelétricas, revisão do corpo técnico atualmente disponível entre outras possíveis aplicações.

Atualmente existe muita informação disponível sobre o comportamento do setor elétrico nacional bem como prospecções e construção de cenários futuros. Ao associar essas informações ao modelo proposto, acredita-se num ganho da qualidade das informações que podem mitigar e/ou minimizar os impactos das incertezas econômicas, políticas e institucionais.

A matriz multicritério abre um diversificado *rol* de aplicações que pode ser customizado de acordo com as necessidades do pesquisador. Ademais, instrumentos que contemplam a análise de variáveis qualitativas e quantitativas conjuntamente, possuem a vantagem de maior alcance de visão das ameaças e oportunidades inerentes a projetos de investimento, oferecendo maior diversidade de potenciais soluções pela combinação e cruzamento dos dados.

A despeito do *mainstrain* ainda ser econômico, e o modelo reforça essa teoria, o produto final indica que outras dimensões da energia tendem a ganhar espaço na tomada de decisão pelo seu impacto no resultado final para os empresários. As questões socioambientais e a incerteza do ambiente institucional do setor elétrico brasileiro levantam dúvidas quanto à efetividade da tomada de decisão unicamente pelo viés tradicional dos indicadores de rentabilidade. Nesse sentido, a importância e o peso relativo das variáveis consideradas nesse estudo são relevantes para a construção de propostas e análise de projetos de investimentos mais realistas.

O estudo integrado das dimensões da energia, também resultou numa reflexão sobre o papel da tecnologia aplicada à energia num cenário de interação entre diferentes agentes buscando soluções ótimas, enfrentando acentuados *tradeoffs* de difícil resolução. A proposição de Prigogine (2009) na construção da ciência com uma abordagem multidisciplinar justifica a impossibilidade de se manter a noção de extremismos tecnológicos. Nesse sentido o modelo integrado das dimensões da energia, nessa pesquisa com enfoque na eletricidade, sugere que a tomada de decisão futuramente tende a aumentar e/ou considerar maior peso relativo sobre variáveis qualitativas e seus potenciais efeitos de longo prazo.

As limitações de tempo e a extensão dos instrumentos de coleta de dados não inviabilizaram a conclusão desse estudo, entretanto cabe salientar que tanto a aplicação da Técnica Delphi quanto a Análise Hierárquica de Processo deve ser gerenciada com cuidado pelo pesquisador para não gerar insegurança quanto ao cumprimento dos objetivos no prazo estabelecido.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a aplicação dessa metodologia para outra fonte renovável como a solar ou a eólica, por exemplo, para simular a efetividade e benefícios das políticas públicas atualmente em vigor. Outras possibilidades são estudos comparativos entre municípios, Estados e países com o uso de qualquer fonte que seja de interesse do pesquisador, focando em análises da

influência da política ambiental e do posicionamento das instituições e órgãos reguladores. Alternativamente, há possibilidade de se propor estudos relacionados ao potencial de emprego e renda oriundos das hidrelétricas bem como os efeitos dos excessos da burocracia, entre outras possibilidades para as quais esta tese abre caminhos.

O aumento da geração e disponibilização da eletricidade é um tema sempre polêmico e controverso, pois envolve atores sociais com distintos interesses. Nas discussões em relação ao cenário brasileiro há quem defenda que o aumento da oferta por meio das hidrelétricas é que vai garantir o crescimento da economia, assim como há grupos que são terminantemente contra esses empreendimentos. A legislação brasileira é rigorosa, as instituições causam insegurança nos investidores e a energia elétrica para o consumidor paranaense é a segunda mais cara em comparação com outros estados da federação.

Espera-se que esse estudo também possa contribuir para chamar a atenção sobre a relevância de se entender a energia em suas múltiplas dimensões. As demandas relacionadas a práticas da sustentabilidade, o respeito as populações atingidas de forma negativa pelos empreendimentos hidrelétricos e a insegurança institucional, compromete a qualidade da tomada de decisão dos investidores. A matriz de decisão ora proposta pode ser incrementada com outros subcritérios e variáveis, mas como ponto de partida conclui-se que, a decisão dominante pautada somente no viés econômico, tende a ceder espaço para aspectos qualitativos que considere as necessidades de outros atores sociais.

REFERÊNCIAS

ACQUATELLA, Jean. **Energía y cambio climático**: oportunidades para uma política energética integrada en América Latina y el Caribe, 2008. Disponível em: <<http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/energia-y-cambio-climatico-oportunidades-para-una-politica-energetica-integrada-en-america-latina-y-el-caribe>>. Acesso em: 13 maio 2014.

ADÃO, Nilton Manoel Lacerda. A formação do ambientalismo no Brasil: um recorte histórico de 1968 a 1988. **Educação Ambiental em Ação**, ano 8, n. 28, jun./ago. 2009. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=710>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Key World Energy Statistics**. Disponível em: <<http://www.iea.org/>>. Acesso em: 10 maio 2013.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. Disponível em: <<http://www.iea.org/>>. Acesso em: 13 maio 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: ANA; Engecorps/Cobrape, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **BIG – Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 12 out. 2015.

AGÊNCIA PARANÁ DESENVOLVIMENTO. **Paraná já é a quarta maior economia do Brasil, segundo IPARDES e o IBGE**. Disponível em: <<http://www.paranadesenvolvimento.pr.gov.br/2015/11/87/Parana-ja-e-a-quarta-maior-economia-do-Brasil-segundo-lpardes-e-o-IBGE.html>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

AGUARÓN, Juan, MORENO-JIMÉNEZ, José María. The geometric consistency index: approximated Thresholds. **European Journal of Operational Research**, v. 47, n. 1, p. 137-145, 2003.

AMANHÃ. **500 maiores do sul**. Disponível em: <<http://www.amanha.com.br/500maiores/>>. Acesso em: 26 dez. 2015.

ANDERS, Gunter. **Die antiquiertheit des menschen**. Vol. 1: Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution. Vol. 2: Über die Zerstörung des Lebens im Zeitalter der dritten industriellen Revolution. München: Beck, 1956. Primeira publicação do vol.2 em 1980.

ANDRADE, Eurídice Soares Mamede de. **Geração hidrelétrica no Nordeste**: risco empresarial e ambiental para o setor elétrico brasileiro. 2002. 214f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE UFRJ – Instituto Alberto Luiz Coimbra, 2012.

ANDRADE, Thales de. Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques. **Ambiente & Sociedade**, n. 1, p. 89-105, 2004.

ANTUNES, Marcelo Moreira. Técnica Delphi: metodologia para pesquisas em educação no Brasil. **Revista de Educação**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 63-71, jan./abr. 2014.

ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online], v. 44, n. 3, p. 525-547, 2003.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva; GURGE, Idê Gomes Dantas; CÂMARA NETO, Henrique Fernandes; MELO, Carlos Henrique de; COSTA, André Monteiro. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a15.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

AZNAR, Jerónimo; ESTRUCH, Vicente. Valoración de activos ambientales mediante métodos multicriterio: aplicación a la valoración del Parque Natural de Alto Tajo. **Economía Agraria y Recursos Naturales**, v. 7, n. 13, p. 107-126, 2007.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais (2014)**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

_____. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2842/7/Perspectivas%20do%20investimento%202015-2018%20e%20panoramas%20setoriais_atualizado_BD.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2016.

BARBA-ROMERO, Sergio; POMEROL, Jean-Charles. **Decisiones multicritério**: fundamentos teóricos e utilización práctica. Madrid: Universidad de Alcalá de Henares, 1997.

BARROS, Aidil Jesus da Silva; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BARROS, Rui Figueiredo de. Política energética/segurança nacional. **Instituto de Defesa Nacional**, ano 9, n. 31, 1984. Disponível em: <<http://comum.rcaap.pt/handle/123456789/2794>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, tecnologia e sociedade**: e o contexto da educação tecnológica. 3.ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.

BERENSON, Mark L.; STEPHAN, David; LEVINE, David M.; KREHBIEL, Timothy C. **Estatística**: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil**: para quê? para quem? São Paulo: Livraria da Física, 2001.

_____. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 139-153, 2007.

_____. **A perspectiva da sociedade brasileira sobre a definição e implementação de uma política energética sustentável**: uma avaliação da política oficial. 2008a. Disponível em: <<http://www.ecoa.org.br/arquivos/571566216.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2014.

_____. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008b. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300010>. Acesso em: 05 ago. 2013.

BHATTACHARJEE, C. R. **Wanted and aggressive outlook on renewable energy**. 2005. Disponível em: <<http://www.indianelectricity.com/html/pdfall/iepolicy/eNREEDec05.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

BICALHO, Ronaldo. **Perspectivas do investimento em energia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

BOCCO, Mónica, SAYAGO, Silvina, TÁRTARA, Enzo. Modelos multicriterios: una aplicación a la selección de alternativas productivas. **Agricultura Técnica**, v. 62, n. 3, p. 450-462, 2002.

BOISER, Sérgio. Política econômica, organização social, e desenvolvimento regional. In: HADDAD, Paulo Roberto. **Economia regional: teoria e método de análise**. Fortaleza: BNB ETENE, 1989. p. 589-694. .

BRASIL. Decreto n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 05 maio 2015.

BRASIL. Decreto n.º 3.520, de 21 de junho de 2000. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3520.htm>. Acesso em: 05 maio 2015.

BRASIL. Lei n.º 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 6 set. 1994. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 02 nov. 2015.

BRASIL. Lei n.º 9.478, de 6 de agosto de 1997. Institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 07 ago. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478compilado.htm>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Aspectos fundamentais de planejamento energético**. 2005. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/conteudo/download/PE_Aspectos_Fundamentais.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasil: renováveis para o desenvolvimento. **Cartilha EPE Rio+20**, 2012. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Paginas/EPEdestacaemcartilhaodesenvolvimentorenov%C3%A1veldoSetorenerg%C3%A9ticobrasileiro.aspx?CategorialD=>>>. Acesso em 23 jun 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira: exercício de 2012**. Edição de 29 de maio de 2013. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica/1_-_Resenha_Energetica.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2013**: Ano Base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <<http://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2013.aspx>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional**: Ano Base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão da Energia, 2024**. Brasília, 2015b.

BRAUDEL, Fernand. História e Ciências Sociais: a longa duração. In: NOVAIS, Fernando A.; SILVA, Rogerio Forastieri da (Org.). **Nova história em perspectiva**. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

BRAVO ESTÉVEZ, María de Lourdes; GALLASTEGUI, José Joaquín Arrieta. El Método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 35, n. 3, 2005. Disponível em: <www.rieoei.org/inv_edu38.htm>. Acesso em: 28 jun. 2014.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Ignacy Sachs e a nave espacial Terra. **Revista Economia Política**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 360-366, 2013.

BROWN, Philip H.; MAGEE, Darrin Y. **Socioeconomic vulnerability in China's hydropower development**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043951X08000369>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 20 maio 2014.

BRÜSEKE, Franz Josef. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, Clóvis (Org.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. Recife: Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, out. 1994. Disponível em: <<http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf>>. Acesso em: 12 maio 2014.

BUNGE, Mario. **Pseudociência e ideologia**. Madri: Alianza Editorial, 1985.

_____. **Treatise on basic philosophy VIII Ethics**: the Good and the Right. Dordrecht: D. Reidel, 1989.

BURGENMEIER, Beat. **Economia do desenvolvimento sustentável**. Lisboa: Instituto Piaget, 2005.

BURSZTYN, Marcel. **O país das alianças**: elites e continuísmo no Brasil. Rio de Janeiro: Vozes, 1990.

_____. Armadilhas do progresso: contradições entre economia e ecologia. **Revista Sociedade e Estado**, v. 10, n. 1, p. 97-124, jan./jun. 1995.

_____. **A difícil sustentabilidade**: política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

BURSZTYN, Marcel; BURSZTYN, Maria Augusta. **Fundamentos de política e gestão ambiental**: os caminhos do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CABALLERO, Rafael et al. Sawn planning using a multicriteria approach. **Journal of Industrial and Management Optimization**, v. 5, n. 2, p. 319-339, 2009.

CACHAPUZ, Paulo Brandi de Barros. **Panorama do setor de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro de Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

CALABI, Andréa Sandro et al. **A energia e a economia brasileira**: interações econômicas e institucionais no desenvolvimento do setor energético no Brasil. São Paulo: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, Pioneira, 1983.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Decreto-Lei n.º 1.285, de 18 de maio de 1939. Cria o Conselho Nacional de Águas e Energia, define suas atribuições e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1285-18-maio-1939-349181-norma-pe.html>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Cultrix, 1993.

CASTRO, Nivalde de; BRANDÃO, Roberto. Repactuando o risco hidrológico. **Valor Econômico**, São Paulo, 29 set. 2015. Disponível em <http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/22_castro154.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016.

CASTRO, Nivalde José de; LEITE, André Luis da Silva; DANTAS, Guilherme de A. **Análise comparativa entre Belo Monte e empreendimentos alternativos: impactos ambientais e competitividade econômica.** Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico–GESEL, UFRJ, 2011.

CATTANI, David Antonio. **A outra economia.** Porto Alegre: Veraz, 2003.

CAVALCANTI, Clóvis (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável.** São Paulo: Cortez, 1998.

CECHIN, Andrei Domingues. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?** 2008. 208f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-15092008-102847/pt-br.php>>. Acesso em: 21 jun. 2014.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Revista Economia Política**, v. 30, n. 3, p. 438-454, 2010.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Resultados PROCEL 2015 – ano base 2015.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>. Acesso em: 23 out. 2015.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. **Memória da eletricidade.** Disponível em: <<http://memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pagina=destaques/linha&menu=368&iEmpresa=Menu#368>>. Acesso em: 21 ago. 2014.

CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA. **Ranking de gestão e competitividade dos estados brasileiros 2013/14.** Disponível em: <<http://www.clp.org.br/Show/Ranking-de-Gestao-e-Competitividade-dos-Estados-Brasileiros-2013-14?=EHDDPsPrT3JexUAI2rnsPg==>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

CERNEA, Michael M. **Social impacts and social risks in hydropower programs: preemptive planning and counter-risk measures.** 2004. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydro_cernea_social%20impacts_backgroundpaper.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2014.

CERVEIRA FILHO, José Luiz Fernandes. Pós-modernidade e risco na Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema: a construção social da subpolítica ambiental no município de Piraju (SP). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 26, p. 127-141, jul./dez. 2012.

CHUAHY, Eduardo; VICTER, Wagner Granja. **Setor elétrico brasileiro**: uma análise crítica e histórica. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.

COEHN, Claude Adélia Moema Jeanne. **Padrões de consumo**: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil. 2002. 224 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ccohen.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2014.

_____. Padrões de consumo e energia: efeitos sobre o meio ambiente e desenvolvimento. In: MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA Valéria da (Org.). **Economia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. p. 258-261.

COLACIOS, Roger Domenech. Matriz energética brasileira: consolidação, expansão, políticas e meio ambiente (1971-1979). **Revista Territórios e Fronteiras**, v. 2, n. 1, p. 284-305, jan./jun. 2009.

COMMONER, Barry. **The Closing Circle**: Nature, Man, and Technology. New York: Knopf, 1971.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **História da eletricidade no Brasil**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/ptbr/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/historia_da_eletricidade_no_brasil.aspx>. Acesso em: 04 jan. 2016.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **História da energia no Paraná**. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F938F473DCEED50010325740C004A947F>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

CONCEIÇÃO, André Luiz da; CAL SEIXAS, Sonia Regina de. Hidrelétricas, qualidade de vida e desenvolvimento. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19, n. 207, p. 207-223, 2013.

CONDON, Edward M. A visualization model based on adjacency data. **Decision Support Systems**, p. 349-362, 2002.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Estudo sobre a adaptação e vulnerabilidade à mudança climática**: o caso do setor elétrico brasileiro. Disponível em <http://cebds.org/wp-content/uploads/2014/02/Estudo-sobre-Adapta%C3%A7%C3%A3o-e-Vulnerabilidade-%C3%A0-Mudan%C3%A7a-do-Clima-o-caso-do-setor-el%C3%A9trico-brasileiro_BxResolucao.pdf> Acesso em: 12 out. 2015.

CONSELHO ESTADUAL DO PARANÁ. **Modelagem energética do Paraná**. Curitiba: COPEL, dez. 1982.

COPEL. **História da Copel**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F6505401715872FAA032573FA0069734F>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

CRESPO, T. **Respuestas a 16 preguntas sobre el empleo del método Delphy en la investigación pedagógica**. Lima: Editorial San Marcos, 2007.

CRUZ, Carla Buiatti; SILVA, Vicente de Paulo da. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 181-190, abr. 2010.

CUREAU, Sandra. **Os impactos socioculturais decorrentes da construção de usinas hidrelétricas no Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.rkladvocacia.com/arquivos/artigos/art_srt_arquivo20140310093943.pdf>. Acesso em: 2 maio 2014.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v. 2, n. 4, p. 01-13, 2.º sem. 2008.

DEBROSSO, Giuliano Silveira; ICHIKAWA, Elisa Yoshie. A Construção de uma usina hidrelétrica e a reconfiguração das identidades dos ribeirinhos: um estudo em Salto Caxias, Paraná. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 97-114, jul./set. 2014.

DELBECQ, Andre L.; VAN DE VEM, Andrew H.; GUSTAFSON, David H. Group Techniques for Program Planning: a guide to nominal and Delphi processes. **Scott, Foresman and Co**. Glenview, 1975.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Comportamento das tarifas de energia elétrica no Brasil. **Nota Técnica n.º 147**, ago. 2015. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/notatecnica/2015/notaTec147eletricidade.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2015.

DESCARTES, René. **Discurso do método**. 4.ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

DESTER, Mauricio. **Propostas para a construção da matriz de energia elétrica brasileira com foco na sustentabilidade do processo de expansão da oferta e segurança no suprimento da carga**. 2012. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?view=000881729>>. Acesso em: 06 maio 2014.

DIAMOND, Jared. **Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 5.ed. São Paulo: Record, 2007.

DICKSON, David. **Tecnologia alternativa**. Madrid: H. Blume, 1980.

DYE, Thomas D. **Understanding public policy**. Englewood Cliffs, New Jersey: PrenticeHall, 1984.

EASLEY, Robert F.; VALACICH, Joseph S.; VENKATARAMANAN, M. A. Capturing group preferences in a multicriteria decision. **European Journal of Operational Research**, v. 125, p. 73-83, 2000.

ELLUL, Jacques. **Técnica e o desafio do século**. Tradução de Roland Corbisier. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.

ERBER, Pietro. **Uma política energética para o desenvolvimento sustentável**. 2011. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2011/08/uma-politica-energetica-para-o-desenvolvimento-sustentavel/13355>>. Acesso em: 09 set. 2014.

EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL. **[r]evolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo**. São Paulo: Pigma, 2010.

FACURI, Micheline Fereira. **A implantação de usinas hidrelétricas e o processo de licenciamento ambiental: a importância da articulação entre setor elétrico e de meio ambiente no Brasil**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2004.

FEENBERG, Andrew. **Critical theory of technology**. Nova York: Oxford University Press, 1991.

FEIJÓ, Ricardo. **Desenvolvimento econômico: modelos, evidências, opções políticas e o caso brasileiro**. São Paulo: Atlas, 2007.

FEIJOO, Ana Maria Lopez Calvo de. Distribuição de frequência. In: **A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010. p. 6-13.

FERREIRA, Renée Aparecida Silveira. O sentido filosófico das tecnologias na interação humana com o real e com o virtual nas perspectivas de Platão, Aristóteles e Pierre Lévy Poros. **Revista do Curso de Filosofia**, v. 2, n. 4, 2010.

FINK, Arlene; KOSECOFF, Jacqueline; CHASSIN, Mark; BROOK, Robert. **Consensus methods**: characteristics and guidelines for use. Santa Monica: RAND, 1991.

FLANDERS, David; SALTER, Jon; TATEBE, Kristi, POND, Ellen, SHEPPARD, Stephen R. J. **A preliminary assessment of renewable energy capacity in Prince George, B C**. 2009. Disponível em: <http://calp.forestry.ubc.ca/files/2012/05/CALP_PG_Renewable-Energy-eport_FINAL_REPORT.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2014.

FLORES, José; GÓMEZ-LIMÓN, José A. Planificación multicriterio de explotaciones agrarias en áreas tropicales protegidas: el caso de la zona protectora Guanare-Masparro (Venezuela). **Economía Agraria y Recursos Naturales**, v. 6, n. 11, p. 81-108, 2006.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. 2015. **Relatório...** 21-22 maio 2015.

FREITAS, Giovana Souza. **As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. 2011. 76f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/40251/000822367.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 set. 2013.

FREITAS, Henrique; CUNHA JUNIOR, Marcus V. M.; MOSCAROLA, Jean. Aplicação de sistemas de software para auxílio na análise de conteúdo. **Revista de Administração da USP**, v. 32, n. 3, p. 97-109, 1997.

FRIDLEIFSSON, Ingvar B. **Capacity building in renewable energy technologies in developing countries**. 2010. Disponível em: <<http://89.206.150.89/documents/congresspapers/378.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

FROTA, Ivaldo. O setor elétrico e seus conflitos: novos e velhos desafios In: BURSZTYN, Marcel (Org.). **A difícil sustentabilidade**: política energética e conflitos ambientais. 2.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. p.149-166.

FURTADO, André. A crise energética mundial e o Brasil. **Novos Estudos**, São Paulo, n. 11, p. 17-29, jan. 1985.

_____. As grandes opções da política energética brasileira: o setor industrial de 80-85. **Revista Brasileira de Energia**, v. 1, n. 2, p. 77-92, 1990.

FURTADO, Celso. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GARCÍA, Jorge Luís; NORIEGA, Salvador A.; DÍAZ, Juan José; DE LA RIVA, Jorge. Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de la tecnología agrícola. **Agronomía Costarricense**, v. 30, n. 1, p. 107-114, 2006.

GASHO, Yevgeny; STEPANOVA, Maria. Energy efficiency: legislation, state policy, economic and business practice. In: BOBYLEV, Sergei; PERELET, Renat (Ed.). **Sustainable Development in Russia**. Berlin, St. Petersburg, 2013. p. 42-53. Disponível em: <<http://www.rnei.de/wp-content/uploads/2013/10/SustainableRussia-WEB2.pdf#page=44>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

GEHLEN, Arnold. **Die seele im technischen zeitalter**. Sozialpsychologische probleme in der industriellen gesellschaft. Hamburg, 1957.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971.

_____. **O decrescimento**: entropia, ecologia, economia. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GOHR, Cláudia Fabiana; SANTOS, Luciano Costa. Contexto, conteúdo e processo da mudança estratégica em uma empresa estatal do setor elétrico brasileiro. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 6, p. 1673-1706, 2011.

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010. (Série Sustentabilidade, v. 4).

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GONZÁLEZ ARAYA, Marcela Cecilia; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

GÓMEZ-NUNES, Trinidad; HERNÁNDEZ HUELIN, Mónica; LEÓN SÁNCHEZ, María Amparo; CABALLERO FERNÁNDEZ, Rafael. Un problema de ordenación forestal mediante un modelo de metas fraccional lineal. **Estudios Agrosociales y Pesqueros**, n. 207, p. 79-104, 2005.

GORDON, Theodore J. **The Delphi method**. 1994. Disponível em: <[http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20\(1\).pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20(1).pdf)>. Acesso em: 20 jan 2016.

GRINEVALD, Jacques; RENS, Ivo. Universidade de Genebra, 1994. Prefácio à Segunda Edição (1995). In: GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **O decrescimento: entropia, ecologia, economia**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

HAGE, José Alexandre Altahyde. A política energética brasileira na era da globalização: energia e conflitos de um estado em desenvolvimento. **Revista de Sociologia Política**, v. 20, n. 41, p. 75-91, 2012.

HASSON, Felicity; KEENEY, Sinead; MCKENNA, Hugh. Research guidelines for the Delphi survey technique. **Journal of Advanced Nursing**, v. 32, n. 4, p. 1008-1015, 2000.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, Hunter L. **Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial**. São Paulo: Cultrix, 2005.

HEIDEGGER, Martin. **The Question Concerning Technology, and Other**. Garland Pub., 1977.

_____. A questão da técnica. **Scientia Zudia**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 375-398, 2007.

HELM, Cecília Maria Vieira. **A UHE Mauá no rio Tibagi (Paraná): impactos socioambientais e o desafio da participação**. In: Integração, usinas hidroelétricas e impactos socioambientais. Brasília: INESC, 2007.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin. **Energia e meio ambiente**. 3.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

HOTT, Irene Konow; ACUNA, Echeverria. **Métodos y técnicas de investigación prospectiva para la toma de decisiones**. Santiago: Fundación de Estudios Prospectivos. Universidad de Chile, 1990.

HSU, Chia-Chien. The Delphi Technique: making sense of consensus. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v. 12, n. 10, p. 1-8, 2007.

HUGHES, Thomas. Edison and electric light, em Donald Mackenzie e Judy Wajcman (Orgs.). **The social shaping of technology**. Filadélfia: Open University Press, 1985. p. 251-252.

_____. **Introduction the technical torrent, choosing and solving problems, em American Genesis: A century of invention and technical enthusiasm. 1870-1970**, Nova Iorque: Viking, 1989a.

_____. The evolution of large technological systems, In: BIJKER, Wiebe E.; HUGHES, Thomas P.; PINCH, Trevor (Orgs.). **The Social Construction of Technological Systems**. Cambridge: MIT Press, 1989b.

HUXLEY, Aldous. **Admirável mundo novo**. Rio de Janeiro: Globo, 1932.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/>> Acesso em: 12 dez. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pr>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (IAP). **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ESTRATÉGICO DO SETOR ENERGÉTICO. **O Estado capturado**. Disponível em: <<http://ilumina.org.br/o-estado-capturado-jornal-dos-economistas-marco-2014/>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). **Aplicação GEO**. Disponível em: <<http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). Concessões de hidrelétricas leiloadas. **Análise Conjuntural**, v. 37, n. 11-12, p. 15, nov./dez. 2015a.

_____. **Paraná em números**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1>. Acesso em: 09 nov. 2015b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key world energy statistics 2013**. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

ITAIPU BINACIONAL. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>>. Acesso em: 30 dez. 2015.

JAIMES, Marisol Carreño. **El método Delphi**: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/806/80615419013.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2015.

JOHNSON, R. Burke; ONWUEGBUZIE, Anthony J.; TURNER, Lisa A. Toward a definition of mixed method research. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 1, n. 2, p. 112-133, 2007. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosdepesquisa/article/view/1132/2235>>. Acesso em 24 abr. 2016.

JÜNGER, Georg Friedrich. **Die perfektion der technik**. Frankfurt , 1953.

KALDELLIS, J. K.; KAPSALI, M.; KATSANOU, E. Renewable energy applications in Greece: What is the public attitude? **Energy Policy**, v. 42, p. 37-48, 2012.

KALINOWSKI, Luciana Maria. **A região do Ribeira do Iguape (Paraná/São Paulo) e a hidroeletricidade**: elementos para uma revisão crítica. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000838155>>. Acesso em: 06 maio 2014.

KAMOGAWA, Luiz Fernando Ohara. **Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação ambiental**: uma aplicação do modelo EKC no Brasil. 2008. 98f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

KARPINSKI, Cezar. A energia elétrica no Paraná e os primeiros estudos de viabilidade energética no Rio Iguaçu (1891-1913). **Revista Esboços**, Florianópolis, v. 20, n. 29, p. 49-67, 2013.

KERZNER, Harold. **Gerenciamento de Projetos**: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle. Tradução de João Gama e Joyce Prado. 10.ed. São Paulo: Burcher, 2011.

KOWALSKI, Fabio Darci; PASQUAL, Dino Luiz; TOLEDO FILHO, Jorge de. A influência das usinas hidroelétricas na sociedade. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 3., 2006, Resende. **Anais...** Resende, RJ, 2006. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/804_ARTIGO%20-%20USINAS%20HIDROELETRICAS%20-%20SEGeT.pdf>. Acesso em: 02 out. 2014.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1989.

LANDETA, Rodriguez Jon. **El método Delphi**: una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel, 2002.

LEGGEWIE, Claus; MESSNER Dirk. The low-carbon transformation: social science perspective. **Journal Renewable Sustainable Energy**, n. 4, 2012. Disponível em: <<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jrse/4/4/10.1063/1.4730138>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

LEITE, Antonio Dias. **A energia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LEITE, Antonio Dias. **A economia brasileira**: de onde viemos e onde estamos. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

LEÓN, Orfelio G.; MONTERO, Ignacio. **Métodos de investigación en Psicología y Educación**. Madrid: McGraw-Hill, 2004.

LEÓN-SACHEZ, Maria Amparo et al. Evolución de un modelo de programación por metas en el contexto forestal cubano. **Investigación Operacional**, v. 2, n. 2, p. 130-139, 2008.

LEYTON, Luis Alberto García. **Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales**. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2004.

LIMA, Jandir Ferrera de; ALVES, Lucir Reinaldo. Disparidades especiais na capacidade da economia regional das microrregiões paranaenses em criar empregos formais: evidências empíricas. In: RATHER, Augusta Pelinski (Org.). **Economia paranaense: crescimento e desigualdades regionais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

LIMA, Karina Medeiros de. **Determinismo tecnológico**, 2001. Disponível em: <http://www.infoamerica.org/documentos_pdf/determinismo.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2014.

LINSTONE, Harold. A.; TUROFF, Murray. **The Delphi Method: techniques and Applications**, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Reading, M.A. 2002. Disponível em: <<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LITTLE, Paul E. Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e de ação política. In: BURSZTYN, Marcel (Org.). **A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001. p. 107-122.

LOURENÇO, Gilmar Mendes. **Economia paranaense: fatores de mudanças e entraves ao desenvolvimento**. Curitiba: Ed. do Autor, 2007.

LOVELOCK, James. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2007.

MAACK, Reinhard. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4.ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MACFARLANE, Allison M. Energy: The issue of the 21st century. **Elements**, v. 3, n. 3, p. 165-170, 2007.

MACHADO, Enéas Souza. Introdução à História da Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. 1., 1998, Gramado. **Anais...** Gramado, 1998.

MAGALHÃES, Gildo. Energia e tecnologia. **São Paulo em Perspectiva**, v. 6, n. 1/2, p. 52-56, jan./jun. 1992. Disponível em: <http://www.seade.sp.gov.br/produtos/spp/v06n01-02/v06n01-02_09.pdf>. Acesso em: 23 maio 2014.

MAIA, Leonardo Castro; CAPPELLI, Silvia; PONTES JUNIOR, Felício (Org.). **Hidrelétricas e atuação do Ministério Público na América Latina**. Porto Alegre: Letra&Vida: Red Latinoamericana de Ministerio Publico Ambiental, 2013.

MALLA, F. Gonzalo; ZABALA, Inaki. La previsión del futuro en la empresa (III): el método Delphi. **Estudios Empresariales**, n. 39, p. 13-24, 1978.

MANKIW, Gregory Nicholas. **Introdução à economia**. São Paulo: Cenage Learning, 2009.

MANTOVANELI JUNIOR, Oklinger. Sustentabilidade como projeto para a vida associada. In: CIRCUITO DE DEBATES ACADÊMICOS, 1., 2011, Brasília. **Anais...** Brasília: IPEA, 2011. v. 47. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/code2011/chamada2011/pdf/area5/area5-artigo24.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2015.

MARCUSE, Herbert. **The one dimensional man**. Boston: Beacon Press, 1964.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, Elena. Aplicación del proceso jerárquico de análisis de selección de la localización de una PYME. **Anuario Jurídico y Económico Escurialense**, v. 40, p. 523-542, 2007.

MARTINS, Renato Domingues Fialho. **O setor elétrico pós-privatização: novas configurações institucionais e espaciais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), Universidade Federal do Rio Janeiro (UFRJ), Rio Janeiro, 2009.

McLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 1980.

MEADOWS, Donella H.; MEADOWS, Dennis L.; RANDERS, Jorgen; BEHRENS, William W. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MENDONÇA, Augusto F.; DAHL, Carol. The Brazilian electrical system reform. **Energy Policy**, v. 27, p. 73-83, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421599000099>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

MERTON, Robert K. The Mathew effect in science. **Science**, v. 159, n. 3810, p. 56-63, jan. 1968.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 10.ed. São Paulo: HUCITEC, 2007.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Ponto de contato nacional para as diretrizes da OCDE**. Disponível em: <<http://www1.fazenda.gov.br/sain/pcn/PCN/ocde.asp>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. **Matriz Energética Brasileira 2030**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno setorial de recursos hídricos**: geração de energia hidrelétrica. Brasília: MMA, 2006.

MONTEIRO, Eduardo Muller; SANTOS, Edmilson Moutinho dos. **Uso político do setor elétrico brasileiro**: uma metodologia de análise baseada na teoria de grupos de pressão. Rio de Janeiro: Synergia; São Paulo: FAPESP, 2010.

MONTEIRO, Solange. Alta tensão: empresas e governo buscam convergência para reposicionar a oferta do setor elétrico na rota da segurança de abastecimento a preços competitivos. **Conjuntura Econômica**, v. 69, n. 9, p.64-73, 2015.

MOREIRA, Paula Franco (Org.). **O setor elétrico brasileiro e a sustentabilidade no século 21**: oportunidades e desafios. 2.ed. Brasília: International Rivers Network, 2012.

MORETTO, Evandro Mateus; GOMES, Carina Sernaglia; ROQUETTI, Daniel Rondinelli; JORDAO, Carolina de Oliveira. Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 141-164, 2012.

MOURA, Ana Clara Mourão. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise de multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p.2899-2906.

MÜLLER, Arnaldo Carlos. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995.

MURPHY, Catherine Kuenz. Limits on the Analytic Hierarchy Process from its consistency index. **European Journal of Operational Research**, v. 65, p. 138-139, 1993.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

NAIME, Roberto. Impactos socioambientais de hidrelétricas e reservatórios nas bacias hidrográficas brasileiras. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 2012. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/view/5532>>. Acesso em: 02 set. 2014.

NORTH, Cecil Douglas. **Custos de transação, instituições e desempenho econômico**. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1994.

NOWAKOWSKI, Geórgia Alana Andréas. **Critérios para análise de limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia**: um estudo da cadeia produtiva das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. 2015. 194f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

OLABUÉNAGA, José I. Ruiz; ISPIZUA, María Antonia. La técnica Delphi. In: _____. **La descodificación de la vida cotidiana**: métodos de investigación cualitativa. Bilbao: Universidad de Deusto, 1989. p. 171-179.

OLIVEIRA, Aparecida Antônia. **Políticas ambientais e desenvolvimento regional**: a perspectiva do pensamento institucionalista evolucionário. 2012. 282f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, Denize Cristina de. Análise de conteúdo temático categorial: uma proposta de sistematização. **Revista de Enfermagem da UERJ**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 569-576, out./dez. 2008.

OLIVEIRA, Sílvio Luiz de. **Metodologia científica aplicada ao direito**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O setor elétrico**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx>. Acesso em: 15 fev. 2014.

PARANÁ. Decreto n.º 4141, de 11 de novembro de 1988. Acrescimento aos incisos XIX e XX, ao art. 6.º do Regulamento, aprovado pelo Decreto n.º 857, de 18 de julho de 1979. Disponível em: <<http://www.leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-4141-1988-parana-acrescimento-aos-incisos-xix-e-xx-ao-art-6o-do-regulamento-aprovado-pelo-decreto-no-857-de-18-de-julho-de-1979>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PARANÁ. Lei Complementar n.º 59/91. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2.º da Lei 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/LEIS/LEI_COMPLEMENTAR_59_1991.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução n.º 49 CERH/PR, de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. Disponível em: <<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/r492006.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PARANÁ. **Plano energético do Paraná**. Curitiba: Curitiba: Governo do Estado do Paraná, jan. 1980.

PARISCA, S. El método Delphi. Gestión tecnológica y competitividad. In: PARISCA, S. **Estrategia y filosofía para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión impresional**. La Habana: Academia, 1995. p. 129-130.

PEREIRA, Vinícius Andrade. Marshall McLuhan, o conceito de determinismo tecnológico e os estudos dos meios de comunicação contemporâneos. **Unirevista**, v. 1, n. 3, 2006. Disponível em: <http://www.unirevista.unisinos.br/_pdf/UNlrev_VAndrade.PDF>. Acesso em: 19 abr. 2014.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de metodologia científica para a segurança pública e defesa social**. Curitiba: Juruá, 2014.

PETERS, B. Guy. Review: Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability by R. W. Rhodes. **Public Administration**, v. 76, p. 408-509, 1998.

PINGUELLI ROSA, Luiz. A crise de energia elétrica: causas e medidas de mitigação. In: BRANCO, Adriano Murgel (Org.). **Política energética e crise de desenvolvimento**: a antevisão de Catullo Branco. São Paulo: Paz e Terra, 2002. p.81-215.

PINTO, Fabiano Augusto Castro Nogueira. Déficit energético. **Análise Econômica**, v. 8, n. 14, nov. 1990. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/view/10349>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

PINTO, Mauro S. S.; MARTINS, Claudio R.; CERQUEIRA, Sidney N.; TROVÃO, Sergio A.; SAAVEDRA, Osvaldo R. Tomada de decisões em leilões de energia elétrica de longo prazo. Ingeniare. **Revista Chilena de Ingeniería**, v. 22, n. 4, p. 539-546, 2014.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz; ALMEIDA, Edmar Fagundes de; BOMTEMPO, José Vitor; IOOTY, Mariana; BICALHO, Ronaldo Goulart. **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PIRES, Adriano; FERNANDEZ, Eloi Fernandez; BUENO, Julio Cesar Carmo. **Política energética para o Brasil: propostas para o crescimento sustentável**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2006.

PIRES, Adriano; HOLTZ, Abel. **Pedaladas elétricas**. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,pedaladas-eletricas,1764647>>. Acesso em: 15 set. 2015.

POPPER, Karl Raimund. **O universo aberto: argumentos a favor do indeterminismo**. Lisboa: D. Quixote, 1988.

PORTAL BRASIL. **Hidroeletricidade**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/11/hidroeletricidade>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

POSTMAN, Neil. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

PRIGOGINE, Ilya. Ciência, razão e paixão. In: CARVALHO, Edgard de Assis; ALMEIDA, Maria da Conceição de (Org.). **Ilya Prigogine: ciência, razão e paixão**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009. p 7-101.

PROCEL. Resultados Procel 2015: ano base 2014. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel_procel2015_web.pdf?1>. Acesso em: 12 set. 2015.

PROGRAMA LUZ PARA TODOS. Disponível em: <<http://luzparatodos.mme.gov.br>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

QUEMADA, José Maria Marín. Política energética en la UE: el debate entre la timidez y el atrevimiento. **Economía de la Energía**, n. 842, mayo/jun. 2008. Disponível em: <http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/politica-energetica-ue-debate-timidez-atrevimiento/id/44756178.html>. Acesso em: 13 maio 2014.

QUINTANA, Serafin Corral. **Metodología de análisis de impactos**: una Revisión. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, Universidad de La Laguna, Tenerife, España, 2000.

QUINTANA, Serafin Corral; CONTRERAS, María E. Q. de. La metodología multicriterial y los métodos de valoración de impactos ambientales. **Actualidad Contable FACES**, v. 10, n. 14, p. 37-50, 2007.

RAIZER, Leandro. **Sociedade e inovação**: energias alternativas no Brasil e Canadá. 2011. 365f. Tese. (Doutorado em Sociologia) – Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RAMPAZZO, Sônia Elisete. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: BECKER, Dinizar (Org.). **Desenvolvimento sustentável**: necessidade e/ou possibilidade? 4.ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.

RAUBER, Denise; CRUZ, Jussara Cabral. Gestão de recursos hídricos: uma abordagem sobre os comitês de bacia hidrográfica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 125, p. 123-140, 2013.

RAULI, Fabiano de Castro; ARAÚJO, Fabio Tadeu; WIENS, Simone. Indicadores de desenvolvimento sustentável. In: SILVA, Christian Luiz (Org.). **Desenvolvimento sustentável**: um modelo analítico integrado e adaptativo. 2.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2008. p. 145-153.

REHMAN, Tahir; ROMERO, Carlos. Formulating generalised "goal games" against nature: an illustration from decision-making under uncertainty in agriculture. **Applied Mathematics and Computation**, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300305006235>>. Acesso em: 11 maio 2015.

REICHAMAN, Frederico Neto. A Copel: origem e perfil atual. In: SANTOS, Sílvio Coelho dos; REIS, Maria José (Org.). **Memória do setor elétrico na região sul**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane Aparecida Farias Amaral; CARVALHO, Claudio Elias. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. rev. atual. Barueri: Manole, 2012.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURYGLOBAL.

Global status report. Disponível em:

<http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

RESULTADOS PROCEL 2015. Ano Base 2014. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel_procel2015_web.pdf?1>. Acesso em: 28 dez. 2015.

REY, Oriana. **O setor elétrico brasileiro e a sustentabilidade no século 21: oportunidades e desafios.** Brasília: Paula Franco Moreira, 2012.

ROCHA, Hugo; VEJO, Constantino. **Métodos cuantitativos aplicados a la administración:** análisis multicriterio en la toma de Decisiones. 2005. Disponível em: <www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2014.

RODRÍGUEZ-URÍA, M. Victoria; CABALLERO, Rafael; RUIZ, Francisco; ROMERO, Carlos. Meta-Goal Programming. **European Journal of Operational Research**, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221700003325>>. Acesso em: 10 maio 2015.

ROMEIRO, Ademar. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. **Instituto de Economia**, 1999. (Textos para Discussão). Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1698>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

ROMERO, Carlos. **Teoría de la decisión multicriterio:** conceptos, técnicas y aplicaciones. Madrid: Alianza Universidad Textos, 1993.

ROSA, Luiz Pinguelli. A crise de energia elétrica: causas e medidas de mitigação. In: BRANCO, Adriano Murgel (Org.). **Política energética e crise de desenvolvimento:** a antevisão de Catullo Branco. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

ROSA, Luiz Pinguelli; SIGAUD, Lygia; MIELNIK, Otávio. **Os impactos de grandes projetos hidrelétricos e nucleares:** aspectos econômicos e tecnológicos, sociais e ambientais. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1988.

ROSSO, Maurizio et al. Integrating multicriteria evaluation and stakeholders analysis for assessing hydropower projects. **Energy Policy**, v. 67, p. 870-881, 2014.

RUFINO, Romeu. **Energia em foco**: estratégias e desafios para o futuro. Cenário e perspectivas para o setor elétrico brasileiro. Fundação Getúlio Vargas. Notas de palestra proferida em 28 de agosto de 2015. Disponível em: <http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/apresentacao_cenario_perspectivas_do_setor_ee_dr_romeu_27_08_15.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SAATY, Thomas Lorie. **Multicriteria decisión making**: the Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.

_____. An exposition of the AHP in reply to the paper remarks on the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, v. 36, n. 3, p. 259-268, 1990.

_____. **Decision making for leaders**. 2.ed. Pittsburg: RWS Publications, 1991.

_____. How to make a decisión: The Analytic Hierarchy Process. **Interfaces**, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994.

_____. **Toma de decisiones para líderes**. Pittsburg: RWS Publications, 1997.

_____. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary? **European Journal Of Operational Research**, v. 145, p. 85-91, 2003.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel, 1993.

_____. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, Ignacy; DOWBOR, Ladislau; LOPES, Carlos (Org.). **Riscos e oportunidades**: em tempos de mudanças. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2010.

SALES, Robson. **Inflação alcança 10,67% em 2015, a maior desde 2002**.

Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/4383460/inflacao-alcanca-1067-em-2015-maior-desde-2002>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

SAMPAIO, Luciano Menezes Bezerra; RAMOS, Francisco S.; SAMPAIO, Yony. Privatização e eficiência das usinas hidrelétricas brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 3, p. 465-480, 2005.

SANTOS, Boaventura de Sousa. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. **Estudos Avançados**, v. 2, n. 2, p. 46-71, 1988.

SANTOS, Gervásio. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. 2010. 180f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOYO, Alain Herndández. **Bases teórico metodológicas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales a partir de técnicas de decision multicritério**. Estudio de caso: Parque Nacional Vinales Pinar del Río, República de Cuba. Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias. Universidad de Alicante, España, 2012.

SAUER, Ildo Luis. Energia elétrica no Brasil contemporâneo. In: BRANCO, Adriano Murgel. **Política energética e crise de desenvolvimento**. São Paulo: Paz e Terra, 2002a. p.217-235.

_____. Energia elétrica no Brasil contemporâneo: a reestruturação do setor, questões e alternativas. In: BRANCO, Adriano Murgel (Org.). **Política energética e crise de desenvolvimento**: a antevisão de Catullo Branco. São Paulo: Paz e Terra, 2002b. p. 117-225.

_____. Um novo modelo para o sistema elétrico brasileiro. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia USP. São Paulo, 2002c. v. 1.

_____. Política energética. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 78, p. 239-264, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000200015>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

SCHMIDT, Carlos; CORAZZA, Gentil; DE MIRANDA, Luiz Alberto Oliveira Ribeiro. **A energia elétrica em debate**: a experiência brasileira e internacional de regulação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

SCHULMAN, Leão. **Orientações do planejamento do programa de eletrificação do Paraná**. Curitiba: Copel, 1956.

SCHUMACHER, Ernst Friedrich. **O negócio é ser pequeno**: um estudo da Economia que leva em consideração as pessoas. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

SEBRAE. **Relatório sobre a competitividade global 2014-2015**. Disponível em: <<http://ois.sebrae.com.br/publicacoes/relatorio-sobre-a-competitividade-global-2014-2015-wef-2014/>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). **Bacias Hidrográficas Série Histórica, 2010**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SEVÁ FILHO, Arsênio Oswaldo. Estranhas catedrais: notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 44-50, 2008.

SIEBEN, Airton. **Estado e política energética: a desterritorialização da comunidade rural de Palmatuba em Babaçulândia (TO) pela Usina Hidrelétrica Estreito**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/1137>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

SILVA, Christian Luiz da. Desenvolvimento sustentável: um conceito multidisciplinar. In: SILVA, Christian Luiz da; MENDES, Judas Tadeu Grassi (Org.). **Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Vozes, 2005. v. 1. p. 11-40.

_____. **Desenvolvimento sustentável: um modelo analítico, integrado e adaptativo**. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

SILVA, Christian Luiz da; SOUZA-LIMA, José Edmilson de. **Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Saraiva, 2010.

SILVA, Neilton Fidelis. **Fontes de energias renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. 263f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE UFRJ Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/nfsilva.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2014.

SIMIONI, Carlos Alberto. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira**: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis. 2006. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/5080>>. Acesso em: 03 set. 2013.

SINGH, Rana Pratap; NACHTNEBEL, Hans Peter. Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 43-58, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012174>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

SIQUEIRA, Márcia Dalledone (Org.) **Um século de eletricidade do Paraná**. Curitiba: UFPR, 1994.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

SKULMOSKI, Gregory J.; HARTMAN, Francis T.; KRAHN, Jennifer. The Delphi method for graduate research. **Journal of Information Technology Education**, v. 6, 2007. Disponível em: <<http://jite.org/documents/Vol6/JITEv6p001-021Skulmoski212.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SOUZA, Fernando Menezes Campello de. **Decisões racionais em situações de incerteza**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2002.

STEG, Linda; DREIJERINK, Lieke; ABRAHAMSE, Wokje. Factors influencing the acceptability of energy policies: a test of VBN theory. **Journal of Environmental Psychology**, v. 25, n. 4, p. 415-425 dec. 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494405000563>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

THORVALD, Moe. **The norwegian model of sustainable development**. A policy oriented capital framework for measurement and policies. 2007. Disponível em: <http://www.esdn.eu/pdf/resources/the%20norwegian%20model%20of%20sustainable%20development_jan07.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2014.

TOFFLER, Alvin. **Choque do futuro**. Lisboa: Edição Livros do Brasil, 1970.

_____. **A terceira onda**. 16.ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Geração de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

_____. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo; GUERREIRO, Amilcar. **Traçando novos rumos: o Brasil em um mundo multipolar**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada e Instituto Policy Network, 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=7687>. Acesso em: 28 jul. 2014.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno; OLIVEIRA, Ricardo Gorini de; CAMPOS, Adriana Fiorotti. **As empresas do setor elétrico: estratégias e performance**. Rio de Janeiro: Cenergia, 2002.

TSOUTSOS, Theocharis; DRANDAKI, Maria; FRANTZESKAKI, Niki, IOSIFIDIS, Eleftherios, KIOSSES, Ioannis. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. **Energy Policy**, v. 37, n. 5, p. 1587-160, 2009.

TSOUTSOS, Theocharis; EFPRAXIA, Maria; MATHIOUDAKIS, Vassilis. Sustainable siting procedure of small hydroelectric plants: The Greek experience. **Energy Policy**, v. 35, p. 2946-2959, 2007.

TURÓN, Alberto; MORENO-JIMÉNEZ, José María Moreno. Visualización de información en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). In: REUNIÓN ANUAL LEÓN, 18., 2004, España. **Anales...** España, 2004.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Carta de densidade de potência das unidades hidrelétricas em operação, em construção e com construção não iniciada por unidade hidrográfica**. Folha 001/B.

VARGAS, Ricardo Viana. Utilizando a programação multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. **Russian Project Management Conference = Русская конференция Управление проектами**, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/ricardo-vargas_article_ahp_pt.pdf>. Acesso em: 05 out. 2015.

VASCONCELLOS FILHO, Fernando. **A avaliação de impactos ambientais e os grandes empreendimentos de infra-estrutura no Brasil: alcance e reducionismo**. 2006. 320f. Tese (Doutorado em Política e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/3352>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

VENTURA FILHO, Altino. Por que a Hidroeletricidade no Mundo e no Brasil? Aspectos Energéticos, Econômicos e Socioambientais. In: FÓRUM NACIONAL SESSÃO ESPECIAL BRASIL: ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, COM MAIOR INSERÇÃO INTERNACIONAL E FORTALECIMENTO DA COMPETITIVIDADE, 2013. **Estudos e Pesquisas**. n. 517, p. 18-19, set. 2013. Disponível em: <<http://www.forumnacional.org.br/pub/ep/EP0517.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

VERDUM, Ricardo. **Amazônia: 23 hidrelétricas e seus efeitos sobre Terras Indígenas**. 2015. Disponível em: <amazonia.inesc.org.br/artigos/amazonia32hidreletricaseseusefeitos/>. Acesso em: 10 fev. 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VIALI, Lori. O ensino de estatística e probabilidade nos cursos de licenciatura em matemática. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 18., 2008, Estância de São Pedro. **Anais...** São Pedro, SP: ABE, 2008.

VICHI, Flávio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

VINHAES, Élbida Aparecida. Silva. O novo modelo da indústria de energia elétrica brasileira. In: SCHMIDT, Carlos; CORAZZA, Gentil; MIRANDA, Luiz. **Energia elétrica em debate: a experiência brasileira e internacional de regulação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. p. 135-159.

VIOLA, Eduardo; LEIS, Hector. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multisetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. In: HOGAN, Daniel e VIEIRA, Paulo (Orgs.). **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas: Editora da Unicamp, 1992.

WEBER, Maximilian Karl Emil. A objetividade do conhecimento nas ciências sociais. In: COHN, Gabriel (Org.). **Sociologia: Weber**. Tradução de Amélia Cohn e Gabriel Cohn. 3.ed. São Paulo: Ática, 1986.

WINNER, Langdon. **La ballena y el reactor**: um búsqueda de los limites en la era de la alta tecnologia. Barcelona: Gedisa, 1987.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources, 2013**. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf> Acesso em 25 abr. 2014.

WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata Alves. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 12, 2.º trim. 2000.

YOUSSUF, Muhammad Imran. Using Experts' Opinions Through Delphi Technique. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v. 12, n. 4, 2007. Disponível em: <<http://pareonline.net/getvn.asp?v=12&n=4>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

ZANONI, José Rafael. ¿Qué pueden hacer las políticas energéticas por la integración? **Revista Nueva Sociedad**, n. 204, jul./ago. 2006. Disponível em: <<http://nuso.org/articulo/que-pueden-hacer-las-politicas-energeticas-por-la-integracion/>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

ZELENY, Milan. Fuzziness, Knowledge, and Optimization: new optimality concepts. In: DELGADO, Miguel; KACPRZYK, Janusz; VERDEGAY, José Luis; VILA, M. Amparo (Ed.). **Fuzzy Optimization: Recent Advances**. Heidelberg: Physica-Verlag, 1994. p. 3-20.

APÊNDICES

APÊNDICE A - AUTOAVALIAÇÃO

QUESTIONÁRIO DE AUTOAVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS (*EXPERTS*)

Nome completo: _____

Qualificação profissional (área de formação): _____

Espec. _____ Mestre _____ Doutor _____

Tempo de trabalho (anos de experiência) _____

Estimado (a) colega:

Com a finalidade de implementar o método de consulta aos especialistas, solicito sua colaboração na resposta do questionário de auto valoraçã. Seus critérios são de grande valor na determinação e aperfeiçoamento dos atributos propostos para que se possa validar os propósitos dessa pesquisa de tese que objetiva "Propor uma metodologia de apoio a tomada de decisão, associada à opção de fonte hidráulica, na geração de energia elétrica no Estado do Paraná". Com o objetivo de determinar o domínio que você tem sobre este tema, solicito que o responda da forma mais objetiva possível.

1. Marque com uma (x), a coluna que corresponde ao grau de conhecimento que você possui sobre o tema, valorando-o em uma escala de 1 a 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Autovalore o grau de influência que cada um dos argumentos apresentados melhor representa seu conhecimento e critérios pessoais sobre o tema.

Argumentos	Grau de influência		
	(alto)	(médio)	(baixo)
(a) Análise teórica realizada por você			
(b) Sua experiência prática			
(c) Estudo de trabalhos de autores nacionais			
(d) Estudo de trabalhos de autores estrangeiros			
(e) Seu próprio conhecimento sobre o tema no Brasil e no Paraná			
(f) Sua intuição			

Fonte: Adaptado de Santoyo (2012).

APÊNDICE B - FORMULÁRIO DELPHI

Método Delphi

[RX]

Nome/Empresa: _____

Nessa segunda fase da pesquisa, o objetivo é validar **o grau de importância que você especialista atribui a cada variável relacionada no Nível 3 do Quadro 1**: As dimensões da energia e as variáveis que influem no processo de tomada de decisão em projetos de exploração de hidroenergia no Estado do Paraná. Essas variáveis foram identificadas a partir da leitura de teses, artigos científicos e publicações de organizações oficiais públicas e privadas dedicadas ao estudo da energia em âmbito nacional e internacional.

Com base em seu julgamento e utilizando a escala abaixo (sendo 5 Extremamente importante e 1 nada importante), preencha o campo **Avaliação (1-5)** nesse próprio formulário. Por favor retorne-o para o e-mail: souza@utfpr.edu.br

0



- 5 – Extremamente importante na tomada de decisão.
4 – Muito importante na tomada de decisão.
3 – Importante na tomada de decisão.
2 – Pouco importante na tomada de decisão.
1 – Nada importante na tomada de decisão.

continua

Dimensão	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Avaliação 1-5
AMBIENTAL	Impactos ambientais	Riscos de fornecimento	▪ capacidade de carga dos recursos hídricos paranaenses.	
			▪ aumento da temperatura climática	
			▪ alteração do nível pluviométrico no PR ▪ menor densidade energética em relação aos combustíveis fósseis	
	Emissões de CO ₂	Qualidade ambiental	▪ poluição da água	
▪ erosão do solo ▪ impactos sob a flora e fauna ▪ alteração da paisagem ▪ impactos das mudanças climáticas sob os recursos hídricos				
Segurança energética	Acionamento termelétricas	▪ aumento do efeito estufa		
		▪ poluição do ar		
			▪ maior uso de combustíveis fósseis ▪ impactos negativos diretos sobre o meio ambiente: atmosfera e ambiente marinho	

				conclusão
Dimensão	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Avaliação 1-5
ECONÔMICA	Viabilidade econômica	Rentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ amortização investimento (t) ▪ liquidez ou solvência ▪ resultado do exercício 	
	Custos da energia	Estrutura dos custos físicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ custo de geração (MWh) ▪ custo de transmissão (MWh) 	
		Custo de oportunidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potencial exaustão econômica das reservas hídricas ▪ aporte combustíveis fósseis ▪ horizonte planejamento do projeto (t) 	
Potencial hidrelétrico existente	Empreend. hidrelétricos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potencial teórico (GW) ▪ potencial econômico (R\$) ▪ potencial aproveitável (GW) 		
SOCIAL	Geração de Renda	Postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> ▪ diretos (un) ▪ indiretos (un) 	
	Acesso à energia	Consumo <i>per capita</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ consumo das famílias (KWh) ▪ consumo das empresas e instituições (KWh) 	
	Desterritorialização	Deslocamento de populações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ acesso aos serviços de infra ▪ demanda de aluguel imóveis ▪ demanda de compra imóveis ▪ políticas de apoio às populações afetadas pelas UHE/PCHs 	
		Destruição do patrimônio cultural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ perda de idiossincrasia⁽¹⁾ ▪ realocação indiscriminada de grupos ou comunidades locais 	
		Geração de subpolíticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ efeito dos impactos globais e direitos difusos em pauta⁽²⁾ ▪ expansão e ação do MAB⁽³⁾ 	
INSTITUCIONAL	Papel do Estado	Políticas Públicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fontes financiamento em hidroenergia ▪ n.º projetos de P&D⁽³⁾ autorizados/em execução 	
	Política Energética	Viabilidade Jurídica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ concessão de licenças ambientais ▪ disputas políticas regionais ▪ expansão ou reativação de UHEs ▪ expansão ou reativação de PCHs 	
		Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ economia gerada em (GWh) 	
		ANEEL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ampliação do grau de medidas regulatórias e de fiscalização 	
	Política Ambiental	Geração de recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ política hídrica do Estado do PR ▪ modelo de cobrança do uso da água 	
Reorientação espacial ou geográfica		<ul style="list-style-type: none"> ▪ potência instalada em UHE ▪ potência instalada em PCHs 		

Quadro 1 - As dimensões da energia e as variáveis que influem no processo de tomada de decisão em projetos de exploração de hidroenergia no Estado do Paraná

Nota: No nível 3 foram tratadas as invariantes relativas ao nível 1 (SANTOYO, 2015).

(1) Rompimento e perda de valores, costumes, religião e a tradição local (SANTOYO, 2015).

(2) Conceito de impacto global e direito difuso refere-se a noções do que pode acontecer ou não, em termos locais e regionais, devido à implantação de um projeto hidrelétrico (HELM, 2007).

(3) MAB – Movimento dos atingidos pelas barragens.

Exclusões ou inclusões de variáveis

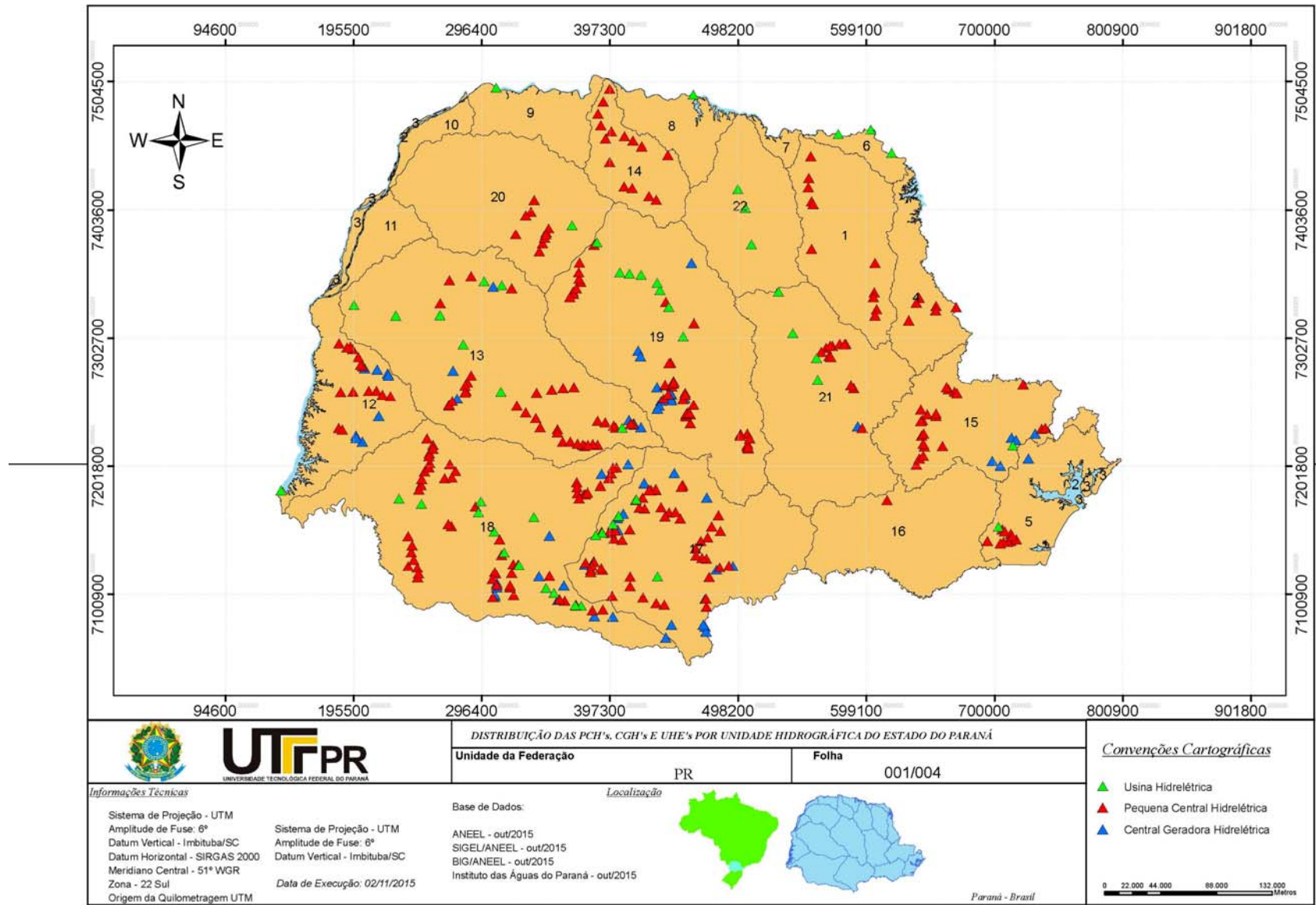
1. Segundo seu critério, se faz necessário eliminar ou adicionar alguma variável? Qual? Por quê?

--

APÊNDICE C - MATRIZ MULTICRITÉRIO

ANEXOS

**ANEXO A - CARTA DE DISTRIBUIÇÃO DAS USINAS HIDRELÉTRICAS,
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS
HIDRELÉTRICAS, POR UNIDADE HIDROGRÁFICA DO ESTADO DO PARANÁ**



**ANEXO B - CARTA DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DAS UNIDADES
HIDRELÉTRICAS EM OPERAÇÃO, EM CONSTRUÇÃO E CONSTRUÇÃO NÃO
INICIADA, POR UNIDADE HIDROGRÁFICA DO ESTADO DO PARANÁ**

