



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA

CENÁRIOS PROSPECTIVOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

LEONARDO PINHO MAGALHÃES



ITAJUBÁ – MG

Julho de 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA

LEONARDO PINHO MAGALHÃES

CENÁRIOS PROSPECTIVOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Exploração do Uso Racional de Recursos Naturais e Energia.

Orientador: Prof. Edson da Costa Bortoni, D.Sc.



ITAJUBÁ – MG

Julho de 2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá
Bibliotecária Jacqueline Rodrigues de Oliveira Balducci- CRB_6/1698

M188c

Magalhães, Leonardo Pinho

Cenários Prospectivos para a Eficiência Energética de Motores de Indução Trifásicos. / Leonardo Pinho Magalhães. – Itajubá, (MG) : [s.n.], 2014.

132 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Edson da Costa Bortoni.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Eficiência Energética. 2. Motores de Indução Trifásicos. 3. Cenários Prospectivos. 4. Planejamento. I. Bortoni, Edson da Costa, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA

LEONARDO PINHO MAGALHÃES

CENÁRIOS PROSPECTIVOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Dissertação aprovada por banca examinadora em 15 de Julho de 2014, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia de Energia*.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Edson da Costa Bortoni (Orientador)

Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay

Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira

Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

RESUMO

MAGALHÃES, Leonardo Pinho. **Cenários Prospectivos para a Eficiência Energética de Motores de Indução Trifásicos**. Dissertação de Mestrado. Ciências em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Julho de 2014. Orientador: Prof. Edson da Costa Bortoni.

Em 2008, foi lançado no Brasil o Plano Nacional de Energia - PNE 2030, que apresenta quatro cenários para a matriz energética nacional até o ano de 2030. A eficiência energética possui destaque nesse plano, que considera os benefícios das ações de economia de energia em suas projeções e os classifica de duas formas: impactos provenientes de ações e medidas já implementadas, denominados Progresso Autônomo, e provenientes de novas ações, denominados Progresso Induzido. No caso específico da energia elétrica, estima-se que estas duas parcelas sejam capazes de economizar 106 TWh no ano 2030, ou seja, 53 TWh cada, o que equivale a 10% do consumo de energia elétrica estimado para esse ano. Em 2011, foi divulgado o Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf, que estabelece, em linhas gerais, as principais ações para alcançar as metas do PNE.

Por meio do Balanço de Energia Útil - BEU 2005 e do Balanço Energético Nacional - BEN 2014, é possível constatar que a indústria consome anualmente 210 TWh de energia elétrica, ou seja, 41% do consumo nacional, dos quais 64% destinam-se ao consumo de força motriz. Assim, por sua considerável participação no consumo de energia elétrica do país, ações direcionadas para o uso de força motriz ganham destaque no processo decisório que antecede a elaboração de planos de ação. De forma a aproveitar as ações para melhoria dos rendimentos de motores de indução trifásicos - MIT já implementadas no país, são considerados neste trabalho os programas Selo Procel Eletrobras e Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE.

O planejamento de ações deve considerar a avaliação de incertezas e, no caso da eficiência energética, é importante considerar também as possibilidades de desenvolvimento de políticas públicas. Para isso, o uso de técnicas de construção de cenários prospectivos se mostra adequado, pois permite representar a complexidade do ambiente do sistema estudado por meio de um conjunto de variáveis técnicas, econômicas, políticas, sociais e ambientais.

Nesta dissertação são apresentados caminhos possíveis para a evolução dos rendimentos (eficiência energética) de MIT por meio da elaboração de cenários prospectivos baseados no PNE 2030, a fim de apoiar a elaboração de políticas públicas e o planejamento e acompanhamento estratégicos de ações. A metodologia de construção de cenários utilizada é a de Michel Godet, reconhecida por especialistas como uma das mais completas e robustas.

Palavras-Chave: (1) Eficiência Energética; (2) Motores de Indução Trifásicos; (3) Cenários Prospectivos; (4) Planejamento.

ABSTRACT

MAGALHÃES, Leonardo Pinho. **Prospective Scenarios for Energy Efficiency on Three-Phase Induction Motors**. Masters Dissertation. Science in Energy Engineering. Federal University of Itajubá, July of 2014. Advisor: Prof. Edson da Costa Bortoni.

The Brazilian National Energy Plan - PNE 2030, released in 2008, presents four scenarios for the Brazilian energy mix for the year 2030. The Plan gives energy efficiency a prominent status since part of the estimated consumption of electrical energy is assumed to be provided by energy saving actions, to be achieved in two ways: (1) future impacts from already implemented actions, called Autonomic Progress, and (2) from new actions, called Induced Progress. Both are estimated to save 106 TWh in 2030 (i.e. 53 TWh each) and represent 10% of the estimated consumption for 2030. In 2011, the Ministry of Mines and Energy - MME released the National Plan for Energy Efficiency - PNEf, establishing general directives to achieve the goals established by the PNE 2030.

Brazilian official reports show industry as country's biggest electricity consumer, with 210 TWh per year, which represents 41% of the total electricity consumption and driving force represents 64% of this share. Therefore, electrical driving force should be one of the priorities in the decision-making process that precedes the development of energy efficiency action plans. The national programs Procel Eletrobras Seal and Brazilian Labeling Program work synergically to better Minimum Efficiency Performance Standards - MEPS in Brazil for several equipment such as three phase induction motors can be the basis for detailing action plans.

As planning must consider the assessment of uncertainty and as energy efficiency actions must consider the development of public policy, the use of prospective scenarios techniques is adequate, since it allows representing the complexity of the environment of the studied system by using technical, economic, political, social and environmental variables.

This dissertation presents possible paths for the evolution of energy efficiency actions involving three-phase induction motors by constructing scenarios based on PNE 2030 in order to support the development of public policy and strategic planning actions in Brazil. Michel Godet's methodology is used to build the scenarios, as it's known among specialists to be one of the most complete and robust methodologies for prospective studies.

Keywords: (1) Energy Efficiency; (2) Three-Phase Induction Motors; (3) Prospective Scenarios; (4) Planning.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma graça concedida.

Ao Professor Edson Bortoni, pela orientação, incentivo e apoio na realização desta dissertação, e aos Professores Jamil Haddad e Luiz Augusto Horta Nogueira, pela dedicação e valiosas contribuições nos seminários de preparação.

Aos amigos da Eletrobras, Luiz Menandro, pela oportunidade, incentivo e orientação, a Rafael Meirelles David, Emerson Salvador e Karla Lepetitgaland, por todo apoio e incentivo nesta caminhada em comum, a Moisés Antônio dos Santos, por estar sempre disponível para ajudar e pela ajuda na concepção do tema, e a Carlos Eduardo Lopes, pelo suporte e apoio concedidos.

Um especial agradecimento ao amigo George Camargo dos Santos, também da Eletrobras, pela orientação na estruturação da dissertação e pelas muitas conversas sobre metodologia científica, matemática e filosofia, importantes para o sucesso deste percurso.

Ao amigo Júlio César de Carvalho Ferreira, por suas valiosas considerações na etapa final da dissertação.

Aos meus pais, Antar e Terezinha, a quem muito devo por esta e por cada realização em minha vida, e aos meus irmãos, Alex e Fabíola, pelos exemplos, inspiração e motivação.

À minha querida esposa, Aline, e a meus queridos filhos, Bernardo e Davi, por estarem sempre a meu lado.

Para Aline, Bernardo e Davi.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 3.1 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA METODOLOGIA PROPOSTA | 34 |
| FIGURA 3.2 - SENTIDO DE ATUAÇÃO DA INFLUÊNCIA ENTRE AS VARIÁVEIS i E j | 38 |
| FIGURA 3.3 – DISTINÇÃO ENTRE INFLUÊNCIA DIRETA E COLINEARIDADE..... | 38 |
| FIGURA 3.4 - PRESENÇA DE VARIÁVEL INTERMEDIÁRIA A i E j | 38 |
| FIGURA 3.5 - INFLUÊNCIA INDIRETA DA VARIÁVEL i SOBRE A VARIÁVEL j | 39 |
| FIGURA 3.6 - MAPA DE INFLUÊNCIAS-DEPENDÊNCIAS ENTRE VARIÁVEIS | 41 |
| FIGURA 3.7 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO MÓDULO DE PREVISÃO DE VENDAS..... | 47 |
| FIGURA 3.8 - ESTIMATIVA DE ECONOMIA DE ENERGIA A PARTIR DE UMA LINHA DE BASE ... | 51 |
| FIGURA 3.9 - ILUSTRAÇÃO DO CÁLCULO DA ECONOMIA INDUZIDA EM UM CENÁRIO..... | 53 |
| FIGURA 4.1 - DESENVOLVIMENTO DOS CENÁRIOS PASSO-A-PASSO..... | 54 |
| FIGURA 4.2 - MATRIZ DE INFLUÊNCIA ENTRE AS VARIÁVEIS DO SISTEMA ESTUDADO..... | 60 |
| FIGURA 4.3 - MAPA DE INFLUÊNCIA / DEPENDÊNCIA DIRETA DE VARIÁVEIS | 62 |
| FIGURA 4.4 - MAPA DE INFLUÊNCIA / DEPENDÊNCIA INDIRETA DE VARIÁVEIS | 66 |
| FIGURA 4.5 - MAPA DE INFLUÊNCIA / DEPENDÊNCIA POTENCIAIS DE VARIÁVEIS | 68 |
| FIGURA 4.6 - HISTOGRAMA DA MOBILIZAÇÃO DOS ATORES FRENTE AOS OÊS..... | 80 |
| FIGURA 4.7 - GRAFO DE 3ª ORDEM DE CONVERGÊNCIA ENTRE ATORES..... | 84 |
| FIGURA 4.8 - GRAFO DE 3ª ORDEM DE DIVERGÊNCIA ENTRE ATORES | 85 |
| FIGURA 4.9 - MAPA DE RELACIONAMENTO ENTRE ATORES E OÊS | 86 |
| FIGURA 4.10 - MAPA DE RELACIONAMENTO ENTRE ATORES E OÊS (COMENTADO) | 89 |
| FIGURA 4.11 - QUADRO DE RESPOSTAS E EXEMPLO ENVIADOS AOS ESPECIALISTAS | 95 |
| FIGURA 4.12 - HISTOGRAMA DE PROBABILIDADES DOS CENÁRIOS | 96 |
| FIGURA 5.1 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS DADOS DA TABELA 5.1 | 113 |
| FIGURA 5.2 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS SOB A FORMA DE ANÁLISE DE RISCO | 122 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 2.1 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS ... | 14 |
| TABELA 4.1 - VARIÁVEIS CONSIDERADAS NO ESTUDO E SUAS DESCRIÇÕES | 56 |
| TABELA 4.2 - VARIÁVEIS-CHAVE E ATORES QUE AS CONTROLAM | 70 |
| TABELA 4.3 - QUADRO DE ESTRATÉGIAS DOS ATORES | 71 |
| TABELA 4.4 - OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DO SISTEMA ESTUDADO | 76 |
| TABELA 4.5 - MATRIZ DE INFLUÊNCIAS DIRETAS (MID)..... | 77 |
| TABELA 4.6 - MATRIZ DE POSICIONAMENTO VALORADO (2MAO) | 77 |
| TABELA 4.7 - MATRIZ DE POSICIONAMENTO VALORADO E PONDERADO (3MAO)..... | 78 |
| TABELA 4.8 - MATRIZ DE CONVERGÊNCIAS ENTRE ATORES (3CAA)..... | 83 |
| TABELA 4.9 - MATRIZ DE DIVERGÊNCIAS ENTRE ATORES (3DAA)..... | 85 |
| TABELA 4.10 - DIMENSÕES DO SISTEMA ESTUDADO | 92 |
| TABELA 4.11 - REDUÇÃO PARA SEIS DIMENSÕES | 93 |
| TABELA 4.12 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE RELATIVA ENTRE AS HIPÓTESES | 99 |
| TABELA 4.13 - ESCALA DE QUANTIFICAÇÃO DE INFLUÊNCIAS | 100 |
| TABELA 4.14 - RELAÇÃO ENTRE AS TABELAS 4.12 E 4.13 | 101 |
| TABELA 4.15 - MATRIZ DE QUANTIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES SEGUNDO INFLUÊNCIAS | 101 |
| TABELA 4.16 - NÍVEL DE INFLUÊNCIAS DAS HIPÓTESES EM CADA CENÁRIO | 102 |
| TABELA 4.17 - PROBABILIDADE DOS CENÁRIOS SEGUNDO QUANTIFICAÇÃO DE H1 E H6 .. | 103 |
| TABELA 5.1 - SÉRIES HISTÓRICAS UTILIZADAS PARA CÁLCULO DE a E β | 110 |
| TABELA 5.2 - ELASTICIDADES a E β E CONSTANTE K_0 CALCULADAS | 111 |
| TABELA 5.3 - APRESENTAÇÃO DOS ERROS PONTO A PONTO | 113 |
| TABELA 5.4 - ESTIMATIVA DE VENDAS ANUAIS DE MIT ATÉ 2030 | 114 |
| TABELA 5.5 - PARÂMETROS DOS MIT PARA CÁLCULO DO CONSUMO UNITÁRIO ANUAL ... | 117 |
| TABELA 5.6 - MARGEM DE MELHORIAS PARA COMPOSIÇÃO DOS ÍNDICES DO NÍVEL IE4 ... | 118 |
| TABELA 5.7 - RENDIMENTOS MÉDIOS PARA MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS | 119 |
| TABELA 5.8 - ECONOMIA ANUAL OBTIDA POR CENÁRIO E POR GRUPO DE EVENTOS | 120 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|--|-----|
| EQUAÇÃO 3.1 - EQUAÇÃO DA MATRIZ DE ANÁLISE ESTRUTURAL | 39 |
| EQUAÇÃO 3.2 - FÓRMULA DOS ELEMENTOS DA MATRIZ DE ANÁLISE ESTRUTURAL | 39 |
| EQUAÇÃO 3.3 - MODELO COBB-DOUGLAS PARA FUNÇÃO DE DEMANDA DERIVADA | 49 |
| EQUAÇÃO 3.4 - FUNÇÃO DE DEMANDA DERIVADA EM LOG NATURAL..... | 49 |
| EQUAÇÃO 3.5 - FUNÇÃO DE DEMANDA DERIVADA RESOLVIDA PARA α , β E K | 49 |
| EQUAÇÃO 3.6 – ELEMENTOS DA MATRIZ A | 50 |
| EQUAÇÃO 3.7 - CONSUMO MÉDIO UNITÁRIO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO | 51 |
| EQUAÇÃO 3.8 - CÁLCULO DA ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA INDUZIDA | 52 |
| EQUAÇÃO 4.1 - COEFICIENTE DE ELASTICIDADE DA HIPÓTESE I EM RELAÇÃO À J | 98 |
| EQUAÇÃO 5.1 - FÓRMULA EMPÍRICA PARA CÁLCULO DAS ELASTICIDADES E K_0 | 111 |
| EQUAÇÃO 5.2 - PARÂMETROS PARA CÁLCULO DAS ELASTICIDADES E K_0 | 111 |
| EQUAÇÃO 5.3 - MATRIZ A EM FUNÇÃO DE I_0 E V_0 | 111 |
| EQUAÇÃO 5.4 - CÁLCULO DO ERRO PONTO A PONTO | 112 |
| EQUAÇÃO 5.5 - CÁLCULO DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO | 112 |
| EQUAÇÃO 5.6 - OPERAÇÃO ALGÉBRICA DE MATRIZES | 114 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|--|
| ABESCO | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA |
| ABDA | ACADEMIA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO |
| ABNT | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS |
| ABILUX | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO |
| ABINEE | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA |
| CGEE | CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS |
| CNPQ | CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO |
| CT&I | CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO |
| EAD | EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA |
| EE | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA |
| ELETROBRAS | CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. |
| ELETRONORTE | CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S.A. |
| EMBRAPA | EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA |
| EPE | EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA |
| ENCE | ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA |
| ESCO | EMPRESA DE SERVIÇO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA |
| FIESP | FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO |
| IBAM | INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL |
| IEA | INSTITUTO PARA ESTUDOS AVANÇADOS |
| IEC | INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION |
| INMETRO | INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA |
| INT | INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA |
| INEE | INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA |
| IUPERJ | INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE PESQUISAS DO RIO DE JANEIRO |
| IPEA | INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA |

| | |
|-----------|--|
| ISO | INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION |
| LIGHT | LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A. |
| MCT | MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA |
| MEPS | MINIMUM EFFICIENCY PERFORMANCE STANDARDS |
| MIT | MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO |
| MMA | MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE |
| MME | MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA |
| NAE | NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA |
| OE | OBJETIVO ESTRATÉGICO |
| PETROBRAS | PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. |
| PBE | PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM |
| PNUD | PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO |
| PPH | PESQUISA DE POSSE DE EQUIPAMENTOS E HÁBITOS DE USO |
| PROCEL | PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA |
| PNE | PLANO NACIONAL DE ENERGIA |
| PNEF | PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA |
| RIO LUZ | COMPANHIA MUNICIPAL DE ENERGIA E ILUMINAÇÃO |
| SAE | SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA |
| SBAC | SISTEMA BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE |
| SEBRAE | SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS |
| SERVITEC | SERVITEC INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA. |
| SINDRATAR | SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DE AR DO RJ |
| SUDAM | SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA |
| UNIFEI | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ |
| VITA LUX | VITA LUX EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. | CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA PROPOSTO | 1 |
| 1.2. | OBJETIVO GERAL | 3 |
| 1.3. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| 1.4. | ESCOPO DO ESTUDO | 4 |
| 2. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 2.1. | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 5 |
| 2.2. | O SURGIMENTO DO CONCEITO DE CENÁRIOS | 5 |
| 2.3. | O DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS BASEADOS EM CENÁRIOS | 8 |
| 2.3.1. | CENÁRIOS E PREVISÕES | 8 |
| 2.3.2. | AS DIFERENTES ABORDAGENS | 10 |
| 2.3.3. | AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS | 13 |
| 2.4. | APLICAÇÕES DOS ESTUDOS DE CENÁRIOS..... | 20 |
| 2.4.1. | APLICAÇÕES DIVERSAS..... | 20 |
| 2.4.2. | APLICAÇÕES NO SETOR ELÉTRICO | 26 |
| 2.5. | CONTRIBUIÇÃO PARA O DEBATE ACADÊMICO..... | 31 |
| 2.6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 32 |
| 3. | METODOLOGIA PROPOSTA PARA OBTENÇÃO DOS CENÁRIOS..... | 33 |
| 3.1. | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 33 |
| 3.2. | VISÃO GERAL DA METODOLOGIA | 33 |
| 3.3. | O MÓDULO DE CENÁRIOS..... | 34 |
| 3.4. | O MÓDULO DE PREVISÃO DE VENDAS | 47 |
| 3.5. | O MÓDULO DE ECONOMIA DE ENERGIA..... | 50 |
| 3.6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 53 |
| 4. | DESENVOLVIMENTO DOS CENÁRIOS..... | 54 |
| 4.1. | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 54 |
| 4.2. | DELIMITAÇÃO DO SISTEMA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA | 55 |
| 4.3. | ANÁLISE ESTRUTURAL..... | 56 |
| 4.4. | ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE OS ATORES | 69 |
| 4.5. | IMPACTOS CRUZADOS PROBABILÍSTICOS | 91 |
| 4.5.1. | ESCOLHA DOS CENÁRIOS..... | 97 |

| | |
|--|-----|
| 4.5.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE | 98 |
| 4.5.3. DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS | 104 |
| 4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 108 |
| 5. ENERGIA ECONOMIZADA POR CENÁRIO..... | 109 |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 109 |
| 5.2. PREVISÃO DE VENDAS DE MOTORES | 109 |
| 5.3. CÁLCULO DA ECONOMIA DE ENERGIA..... | 115 |
| 5.3.1. PREPARAÇÃO DOS DADOS..... | 116 |
| 5.3.2. OS ÍNDICES MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA CONSIDERADOS | 117 |
| 5.3.3. ESTIMATIVAS NUMÉRICAS POR CENÁRIO..... | 120 |
| 5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 122 |
| 6. CONCLUSÃO | 123 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 128 |

1. Introdução

São aqui apresentados o contexto em que se enquadra o tema proposto nesta dissertação, sua delimitação e os objetivos pretendidos, bem como uma visão geral do seu escopo, contendo um resumo do que é debatido em cada capítulo.

1.1. Contextualização do tema proposto

No início do século XX, buscava-se uma forma de dar maior previsibilidade às principais questões da época, complexificadas por mudanças cada vez mais frequentes nas relações sociais e questões econômicas e tecnológicas, apenas para citar alguns exemplos (HEILBRONER, 1995). Nesta mesma época, intelectuais ligados principalmente às ciências humanas começaram a exercitar projeções da sociedade no futuro (STALEY, 1973).

No entanto, foi a necessidade de desenvolvimento tático e estratégico provocada pela II Guerra Mundial que determinou que se buscasse uma forma mais sistematizada para realizar previsões, como ferramenta dos jogos estratégicos militares (RATTNER, 1973; BUARQUE, 2003). Pouco mais tarde, já na Guerra Fria, de forma diretamente derivada da iniciativa militar, foram criados os *think-tanks* nos EUA e instituições similares em países como a França e a Itália, instituições civis que, por meio da realização e análise de previsões nos mais variados campos de ação da sociedade, propunham políticas para levar suas nações rumo a um futuro desejado. À época, o desenvolvimento de técnicas de consulta a especialistas, como o método de impactos cruzados e o método *Delphi*, e de técnicas de apoio à inovação, como a análise morfológica, dentre outras, foram decisivas para tornar a criação de cenários uma disciplina intelectual (BUARQUE, 2003).

Em um determinado momento, por volta dos anos 1970, as técnicas de construção de cenários começaram a ser usadas também pelas grandes corporações como ferramenta de estudo estratégico, devido ao grande aumento da complexidade e das incertezas mundiais, que trouxeram à falência o tradicional modelo de se trabalhar com previsões (WACK, 1985; BUARQUE, 2003). Desenvolveram-se diversas escolas de pensamento para estudos do futuro, que guardam diferenças em suas características de aplicação, de abordagem do tema e das ferramentas de aplicação (RATTNER, 1973).

No Brasil, estudos deste tipo começaram a ser divulgados cerca de 15 anos mais tarde, tendo sido o setor elétrico um dos pioneiros na criação de estudos de cenários globais, com a

abrangência das diversas dimensões de um sistema social, realizado pela Eletrobras em 1987. Este estudo subsidiou, no ano seguinte, um aprofundamento regional, realizado pela Eletronorte (BUARQUE, 2003).

O planejamento do setor elétrico demanda estudos com razoável antecipação, o que é especialmente verdade no caso do Brasil, por trabalhar predominantemente com usinas geradoras hidroelétricas, que desde os estudos iniciais até a entrada em operação, podem levar mais de 20 anos (BUARQUE, 2003). A característica de trabalhar com diferentes cenários de carga e disponibilidade de geração é inerente da indústria de produção e venda de energia elétrica, mas apenas este aspecto não chega a caracterizar um estudo cenários no sentido que é apresentado nesta dissertação, por não considerar necessariamente todas as dimensões envolvidas no processo.

Depois de alguns anos sem realizar uma atividade de planejamento estratégico para o setor energético, foi divulgado o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, que projeta quatro cenários para o setor energético brasileiro, levando em conta os aspectos socioeconômicos, tecnológicos, políticos e ambientais mais importantes para este setor. No PNE é dado um destaque, e uma missão, para o ramo da eficiência energética, que é imbuído de desenvolver uma estratégia que permita às suas atividades de economizarem 10% do consumo projetado para 2030, ou seja, cerca de 53.000 GWh (EPE, 2008).

A Eletrobras, em sua missão de executora do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, do Ministério de Minas e Energia - MME, está diretamente envolvida com as questões centrais do desenvolvimento da Eficiência Energética no país. Juntamente com outros órgãos ligados ao MME ou em atividade no ramo da Eficiência Energética, apoiaram o MME na elaboração do Plano Nacional de Eficiência Energética– PNEf, derivado do PNE 2030 e divulgado em 2011, tendo como objetivo de nortear as principais ações de Eficiência Energética no país, para serem posteriormente detalhados em planos de ação, a fim de atingir esta meta em 2030 (EPE, 2011).

No que diz respeito à priorização de atividades no âmbito do PNEf, é importante ressaltar que, segundo a EPE, a energia elétrica destinada à força motriz representa 41% da energia elétrica consumida no Brasil, sendo que grande parte deste consumo está na indústria e que os motores de indução trifásicos – MIT tem uma representação bastante considerável nesta fatia de mercado de consumo de energia elétrica (EPE, 2005, 2013).

Com relação às ações de eficiência energética para sistemas motrizes, destaca-se no Brasil o programa de endosso para os MIT mais eficientes do mercado, abrangendo potências de até 250 CV: trata-se do Selo Procel, que premia os MIT mais eficientes do mercado, dentre diversas outras classes de equipamentos. O Selo Procel é um subprograma do Procel, executado pela Eletrobras em parceria com o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, conduzido pelo Inmetro (ELETROBRAS, 2012).

A evolução da eficiência energética dos produtos que participam dos programas Selo Procel e PBE segue o que foi determinado pela Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, também chamada de Lei de Eficiência Energética: os níveis de eficiência energética devem ser revisados periodicamente, a fim de avaliar a viabilidade de que se estabeleçam novos níveis mínimos, retirando do mercado os produtos que se encontram abaixo destes.

1.2. Objetivo geral

O objetivo desta dissertação é elaborar cenários para a eficiência energética de motores de indução trifásicos no Brasil, no que concerne às ações referentes à aplicação da Lei de Eficiência Energética, a fim de contribuir para o planejamento das ações necessárias para se atingir a meta de economia de energia definida pelo PNE para o ano 2030.

1.3. Objetivos específicos

Esta dissertação possui quatro objetivos específicos, que estão relacionados a seguir:

- a) **Apresentar revisão bibliográfica** sobre a origem e evolução do conceito de cenários, diferença entre cenários e previsões, as metodologias desenvolvidas e suas aplicações, com destaque para o Brasil, o setor elétrico e a Eficiência Energética;
- b) **Desenvolver os cenários** para a Eficiência Energética de MIT até o horizonte do PNE 2030 utilizando a metodologia de Michel Godet;
- c) **Estimar as vendas de motores** de indução no Brasil com base no modelo de *Cobb-Douglas* e nos cenários apresentados pelo PNE 2030;
- d) **Estimar a economia de energia** para o cenário desejado para a Eficiência Energética do país e aqueles com as maiores probabilidades de ocorrência, com base na metodologia de

avaliação do Procel e nas tendências tecnológicas para motores de indução trifásicos que poderão influenciar na adoção de novos índices mínimos de eficiência energética (MEPS - *minimum efficiency performance standards*);

1.4. Escopo do estudo

Para construir os cenários e estimar os impactos energéticos atribuídos às ações desenvolvidas em cada um deles, são apresentados os seguintes capítulos.

O Capítulo 2 contém uma revisão bibliográfica sobre construção de cenários, abordando desde sua origem até aplicações em diversos ramos da atividade humana, com ênfase para o setor elétrico, além de distinguir cenários e previsões. São apresentadas as diversas correntes de pensamento presentes na evolução das metodologias de construção de cenários e as principais metodologias utilizadas atualmente. Por fim, são apresentadas as contribuições desta dissertação para o debate acadêmico.

Na sequência, no Capítulo 3, é apresentada a metodologia que integra a construção dos cenários com outros desenvolvimentos necessários para estimar a economia de energia em cada um deles. A metodologia é apresentada em três módulos: 1) O módulo de cenários, onde são desenvolvidos os cenários; 2) O módulo de previsão de vendas, que descreve o modelo matemático usado para fazer as previsões de vendas de motores; 3) O módulo de economia de energia, que descreve a metodologia utilizada atualmente pelo programa Selo Procel.

O primeiro módulo é desenvolvido no Capítulo 4. As informações coletadas no processo de planejamento energético realizado para o Procel em 2011 são então aplicadas em um método consagrado na construção de cenários. Como parte do método, é feito um questionário destinado a especialistas do setor.

O segundo e o terceiro módulos são desenvolvidos no Capítulo 5, com a atribuição de valores aos cenários desenvolvidos e escolhidos no capítulo anterior, a fim de obter as estimativas de economia de energia em cada um deles.

Por fim, no Capítulo 6, estão as conclusões desta dissertação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Considerações Iniciais

Para a realização deste capítulo foram utilizadas quatro referências essenciais para descrever como se deu a evolução dos estudos sobre o futuro e quais as técnicas utilizadas para a construção de cenários: Buarque (2003); Staley (2002); Moritz (2008); e Marcial (2011).

O capítulo inicialmente aborda o surgimento da necessidade de se estudar o futuro com maior rigor, já que esta é uma atividade humana desde os tempos mais remotos. São apresentadas as ideias que levaram ao surgimento das metodologias, bem como suas primeiras aplicações. Diferencia-se cenários de previsões, apresentando exemplos de aplicação de ambos em diversas atividades, em especial no planejamento do setor elétrico. A conclusão do capítulo é feita com um resumo das premissas nele reunidas que justificam os objetivos e as contribuições propostos pela dissertação.

2.2. O Surgimento do Conceito de Cenários

O interesse pelo futuro é próprio da humanidade. Desde os oráculos e profetas, o futuro tem sido uma forma de projetar e divulgar a imagem de uma sociedade perfeita. Bem mais recentemente, durante a Renascença, nos sec. XV e XVI, surge uma forma de olhar o futuro influenciada pela ciência, principalmente por correntes filosóficas como a utopia e o pensamento racionalista e crítico, que têm como ícones, respectivamente, Tomas More e Galileu e Copérnico (RATTNER, 1973).

Para Heilbroner (1995), a industrialização, a revolução científica e a ascensão do capitalismo financeiro foram as condições que produziram interesse em um estudo mais sistemático do futuro. Para Staley (2002), as intensas mudanças sociais oriundas deste processo levaram economistas, sociólogos e cientistas políticos a robustecerem suas disciplinas, *“tornando-as gradativamente mais matemáticas e preditivas”*.

Assim, após a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), os estudiosos do futuro exigem que seus prognósticos sejam tratados como ciência e não mero exercício especulativo, tomado carona no desenvolvimento das ideias e valores sociais causados pela teoria da evolução de Darwin, a antropologia e a biologia. Tal reivindicação tem como base o neopositivismo, conforme apontado por Rattner:

De fato, a ciência positivista ou neopositivista postula como uma de suas características básicas o poder de previsão e predição. A formulação de teorias e leis científicas garantiria, cada vez em que se estivesse na presença de uma determinada constelação de fatores, que o resultado fosse, invariavelmente e com certeza, o esperado de acordo com o enunciado da lei (RATTNER, 1973).

No entanto, em 1927, os estudos de Werner Heisenberg sobre *incerteza* indicavam que o conceito de *lei* começava a ficar menos apropriado. Na mesma linha que Heisenberg, estavam os estudos de Minkowski e Einstein, respectivamente, a geometria do espaço e a relatividade. Assim, o conceito de *lei* passava a perder espaço a enunciados probabilísticos.

H. G. Wells teve importante contribuição no desenvolvimento dos estudos do futuro. Mais conhecido por suas obras de ficção científica, Wells utilizou esse gênero literário para provocar questões sobre as perspectivas sociais e promover a ciência popular. Ele propôs que fosse instituída uma nova disciplina acadêmica que cuidasse de assuntos relacionados a eventos futuros (OUTHWAITE; MILES, 1996).

Ainda na primeira metade do século XX a dupla de editores Kegan Paul e E. P. Dutton publicaram, na Inglaterra e nos EUA, respectivamente, uma série de pequenos livros intitulada *To-day and To-morrow*, que se constituiu de cerca de oitenta livretos, nos quais estudiosos e intelectuais da época faziam previsões sobre o futuro (BELL In: KAHN, 1967).

Ainda na década de 1920, o sociólogo americano William F. Ogburn publicava uma série de relatórios sobre tendências sociais e suas consequências (OUTHWAITE; MILES, 1996).

Foram os militares na II Guerra Mundial que, segundo Buarque (2003), começaram a estudar o futuro de forma sistemática, visando à montagem de estratégias bélicas. Dentre estas técnicas, já se encontravam métodos de construção de cenários.

Para Buarque, o marco no uso não militar das técnicas de cenários foi a criação da *RAND Corporation*, logo após a Segunda Guerra. Esta organização, criada em 1948 nos EUA, foi encarregada pelo governo americano a realizar pesquisas nas áreas de tecnologia e de políticas públicas¹.

Para Outhwaite e Miles (1996), foi nesta época que proliferaram organizações como a *RAND*: centros multidisciplinares nos quais acadêmicos podiam trocar ideias com membros do

¹ A *RAND Corporation* foi criada em 1948, como uma organização independente e sem fins lucrativos, a partir da separação do *Projeto RAND* e da *Douglas Aircraft*. Este projeto, que tinha como cliente exclusivo a Força Aérea Americana, visava dar continuidade aos estudos que vinham sendo feitos durante a guerra por estudiosos civis (adaptado de www.rand.org).

complexo industrial militar e estabeleciam previsões tecnológicas de longo alcance. Estes esforços levaram ao desenvolvimento de ferramentas utilizadas ainda hoje nos estudos do futuro, tais como o método Delphi e a análise de impactos cruzados.

Para Buarque (2003), o termo *cenário* dentro do contexto de estudos do futuro foi utilizado pela primeira vez em 1967, por Herman Khan, líder da *RAND Corporation*, e difundido por ocasião do lançamento de seu livro *O Ano 2000*. Schoemaker *apud* Marcial (1993) explica que a palavra *cenário* é derivada do latim *scaenarium* e tem muitos significados, que vão desde roteiros de teatro e cinema até combinações estatísticas de incertezas.

Outros termos referentes aos estudos de futuro baseados em cenários foram criados. O francês Gaston Berger, em 1957, deu vida nova ao termo *prospectiva*, criado pelo poeta François Villon, na França medieval (GODET, 2006). Há também o termo *futurologia*, criado pelo alemão Ossip Flechtheim, em 1972, normalmente rejeitado pelos profissionais que trabalham neste campo, por considerar-se que transmite pretensões espúrias em vez de uma compreensão científica do assunto (OUTHWAITE; MILES, 1996).

A fim de prover uma percepção geral do que tratam os estudos de *cenários*, são apresentadas, a seguir, definições feitas por alguns dos principais teóricos da disciplina:

- Para Porter *apud* Lários (2003), cenários consistem em visões sobre o que o futuro pode vir a ser e são utilizados para traçar estratégias. Não é uma previsão, mas sim, um possível futuro que virá, uma base para o planejamento das organizações.
- Para Schwartz *apud* Marcial (2001), construir cenários ajuda a ordenar a percepção sobre ambientes alternativos futuros, nos quais as decisões pessoais podem ser cumpridas. É um conjunto de métodos organizados para se pensar sobre o futuro de maneira eficiente. Ou, de forma resumida, “*estórias de futuro*”, que podem ajudar no reconhecimento e adaptação em face dos aspectos de mudança do ambiente presente.
- Para Berger *apud* Heijden (2002), a premissa filosófica da prospectiva é a de que o futuro não é parte de uma “*continuidade temporal predeterminada*”, mas algo a ser criado e que pode ser “*conscientemente modelado a ser humanamente benéfico*”.
- Para Godet *apud* Marcial (2001) um cenário é o conjunto formado pela descrição, de forma coerente, de uma situação futura e do encaminhamento dos acontecimentos que permitem passar da situação de origem à situação futura.

- Segundo Wack (1985), a essência de um cenário reside na busca por mudanças de conceitos ou modelos pré-determinados, de forma a tornar possível antecipar-se e preparar-se para o futuro. Para a criação dos cenários, devem ser enfatizadas a coerência e a credibilidade no conjunto de possibilidades existentes para a interação entre os atores e o decorrer dos acontecimentos.

2.3. O Desenvolvimento dos Estudos Baseados em Cenários

Esta seção apresenta como se desenvolveram os estudos de futuro baseados em cenários. Primeiro, é feita uma distinção entre previsões e cenários, seguida por uma apresentação das principais correntes de pensamento. Por fim, são apresentadas, em linhas gerais, as metodologias mais utilizadas atualmente.

2.3.1. Cenários e Previsões

Cenários não são previsões do futuro, mas uma forma de explorar as possibilidades de futuro, disponibilizando e organizando informações para uma melhor compreensão das incertezas de forma a possibilitar a melhor tomada de decisão possível (MARCIAL, 2011). Cenários são visões a respeito do futuro. Eles não descrevem a realidade futura, mas um meio de representá-la, com o objetivo de orientar a ação presente à luz dos futuros possíveis e desejáveis (GODET, 2007).

Os franceses têm a reputação de terem sido os primeiros a investigar os *fundamentos científicos e políticos do futuro* usando a técnica de cenários. Assim, a *prospectiva* desenvolvida pelo *Centre d'Études Prospectives* na França era uma resposta às repetidas falhas da abordagem clássica de previsões, um sério problema para um país que muito havia investido em planejamento centralizado (HEIJDEN, 2002).

Em *The Year 2000* (1967), Kahn afirma que há falta ou insuficiência de informações estatísticas para que se possa fazer previsões com certo grau de fidedignidade. Para ele, alguns setores como a engenharia mecânica, elétrica e outros relacionados às ciências naturais possuíam boas teorias que permitem decisões acuradas. Porém, ainda que métodos como pesquisa operacional e de diretrizes, séries temporais e análise de sistemas sejam adequados para resolver determinados problemas ao nível de uma empresa, no caso de complexas

indagações sobre o desenvolvimento socioeconômico mundial, seria necessário introduzir variáveis como tradições e valores culturais para responder às questões (RATTNER, 1973).

Segundo Wack (1985a), os métodos tradicionais de planejamento, baseados em previsões, funcionaram relativamente bem nas décadas de 1950 e 1960. Todavia, logo no início dos anos 1970, erros de previsão se tornaram mais frequentes e, às vezes, dramáticos para algumas empresas. Há muitas forças que agem contra a possibilidade de se ter uma boa previsão e que a melhor abordagem é a de aceitar a incerteza, entendê-la e fazer dela parte do nosso raciocínio. Para Wack, a incerteza hoje não é só um desvio ocasional e temporário de uma previsão coerente, mas é a estrutura básica dos ambientes de negócios.

Moritz vê as técnicas de construção decenários como uma evolução das técnicas de planejamento:

Nos anos 1960, a diversificação e as mudanças tecnológicas aumentaram a complexidade das situações estratégicas enfrentadas por muitas empresas, em especial as multinacionais, e suas necessidades por medidas mais sofisticadas que pudessem ser usadas para avaliar e comparar tipos diferentes de negócios (MORITZ, 2004).

Mesmo com estudos voltados à criação de modelos e representações mais complexos, na tentativa de se chegar mais próximo à realidade, Staley faz relato sobre a dificuldade de representa-los e de analisar seus resultados, mesmo com o avanço de ferramentas criadas técnicas por linhas de pensamento como a teoria do caos:

Físicos e matemáticos estão concordando com ideias que historiadores têm abraçado há tempos: que o contexto e as condições iniciais são importantes, que o mundo é mais complexo do que o que pode ser representado em experimentos com controle de variáveis e que previsões são, no melhor dos casos, problemáticas (STALEY, 2002).

Staley conclui que de todos os métodos usados para se pensar sobre o futuro, o método de cenários é o que mais se aproxima da compreensão atual de complexidade e incerteza ao se realizar previsões, pois os que usam os métodos de cenários para pensar sobre o futuro parecem possuir uma intuição para obter soluções diante do caos, determinístico, mas imprevisível, ainda que lhes falte a matemática formal: *“o objetivo de se escrever cenários*

não é prever qual caminho tomará o futuro, mas discernir os possíveis estados em direção dos quais o futuro pode ser 'atraído'” (STALEY, 2002).

2.3.2. As Diferentes Abordagens

Entre o final da II Guerra Mundial e meados da década de 1970 houve um *boom* das técnicas prospectivas (RESCHER *apud* STALEY, 2002). Staley ressalta que a *RAND Corporation*, criada em 1948, foi a pioneira de uma série de organizações que tinham em seus quadros cientistas das áreas de engenharia, computação, economia, demografia e sociologia, que contribuíram para o desenvolvimento das técnicas utilizadas nos estudos de futuro.

Kahn trabalhou durante a II Guerra Mundial para as forças armadas como analista de problemas militares e, logo após ter sido contratado como pesquisador e consultor da *RAND*, publicou o livro *Guerra Nuclear*, no qual define o mundo como um vasto jogo militar-estratégico e advogava a necessidade estratégica de “*pensar o impensável*”. (RATTNER, 1973).

Ao mesmo tempo em que Kahn desenvolvia cenários para os militares em nos anos 1950, o filósofo francês Gaston Berger, fundou o *Centre d'Études Prospectives*, onde desenvolveu uma nova abordagem de planejamento de longo prazo baseada em cenários, a qual chamou de *prospectiva*.

Neste contexto, em 1960, foi criada a associação *Futuribles* na França, financiada pela Fundação Ford e constituída por intelectuais de cerca de 20 países. Estas e outras organizações semelhantes fizeram parte dos *think-tanks*² que surgiram no pós-guerra, e tiveram grande contribuição para o desenvolvimento e aprimoramento das bases dos principais modelos de previsão.

Visando responder à necessidade de uma sumarização dos elementos ideológicos e epistemológicos presentes na discussão sobre *pesquisas do futuro*, Rattner (1973) divulgou um trabalho que distingue as principais abordagens metodológicas encontradas, dentre as quais destacam-se:

² Os *think-tanks*, ou centros de conhecimento, têm como objetivo produzir pesquisas para analisar políticas governamentais, resolver seus impasses, encontrar soluções inovadoras, além de promover o progresso do conhecimento acadêmico e debates teóricos, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico de seus países de origem, ou daqueles onde eles também possuem atuação. Além disso, são pontes entre a sociedade e quem faz as políticas – os chamados *policy makers* – pois fomentam o debate de tais políticas junto ao público (adaptado de <http://portal.fgv.br>).

- a) A **extrapolação ou prolongação**, que admite que a continuidade e regularidade como base;
- b) A **analogia**, que admite que objetos aparentemente similares devem seguir os mesmos padrões;
- c) O **evolucionismo**, que tem como ícone a *parábola do trem*, que afirma que os objetos de estudo são como vagões de um trem que vão passando por diversos estágios, ou seja, estações;
- d) A **abordagem sistêmica**, na qual considera-se que um grupo de elementos materiais e imateriais, que se relacionam direta ou indiretamente, formam um conjunto organicamente organizado;
- e) O uso de **modelos ideais**, nos quais os objetos de estudo são analisados e descritos, de forma que os fenômenos envolvidos possam ser explicados e previstos.

Dentre os teóricos estudados por Rattner estão:

- J.W. Forrester, cujas pesquisas visavam “*uma melhor compreensão dos sistemas e processos sociais*” e para isso representava a sociedade por meio de modelos computacionais, realizando simulações para prever o futuro. Em seus trabalhos mais conhecidos, *Urban Dynamics* (1969), chegou à conclusão de que qualquer que fosse a política urbana utilizada, os resultados seriam negativos, ou, no máximo, neutros. No entanto, nos modelos de Forrester, a poluição é ignorada, assim como ajustes da tecnologia em face de desafios e ameaças à sobrevivência.
- Robert Jungk, que em 1969 militava sobre a possibilidade de serem criados centros civis de prospecção do futuro, chamados centros de *look-out*, que formariam uma rede de institutos, aos quais caberia uma série de tarefas, tais como:
 - a) Cultivar e desenvolver uma perspectiva ampla e global do futuro, em vez de projetos especializados e parcelados;
 - b) Criar um sistema de alarme social (*look-out*)
 - c) Informar e educar o público;
 - d) Cultivar e apoiar programas de pesquisa do futuro;
 - e) Formar um conselho para definir objetivos e facilitar o alcance dos objetivos estratégicos sociais.

Jungk postulava que uma metodologia para perscrutar o futuro deveria possuir três tipos de imaginação: lógica, crítica e criativa. Salientava que apenas a primeira estaria sendo utilizada adequadamente.

- Galtung, que no início dos anos 1970 rejeitou a divisão tradicional de trabalho entre cientistas, políticos e ideólogos, e que esta seria a responsável por seus pontos de vista conflitantes a respeito da sociedade. Enfatiza a pluralidade de valores e o conflito construtivo entre eles como chave para criação do futuro. Sugeriu que a pesquisa do futuro fosse dividida em três componentes:
 - Pesquisa de valores;
 - Pesquisa de tendências e teorias de como extrapolar os dados do passado;
 - Análise das relações entre tendências e valores.
- Van Steenbergen, que no início dos anos 1970 fez distinção entre os métodos prospectivos e retrospectivos de pesquisa do futuro. Projeções e extrapolações são retrospectivas, por não visualizarem algo de qualitativo no futuro. Já o método prospectivo não procura deduzir o futuro do passado, mas pesquisa uma variedade de futuros possíveis.
- Waskow (1970), segundo quem uma das tarefas mais importantes dos estudiosos do futuro é ajudar a sociedade a imaginar seus futuros, a fim de que este possa ser criado de forma mais democrática, e que trabalhar para o futuro significa construir *cenários da paz*. Waskow introduziu o conceito de *desordem criativa*, que seria o *quantum* da tensão social gerada. Para gerar mudança, a *desordem* não pode ser nem tão desafiadora, a ponto de que seja reprimida, nem tão irrelevante, a ponto de que seja ignorada.

Segundo Moritz (2004), a busca por um mundo mais humano, que possa encarar adequadamente os desafios sociais, políticos, tecnológicos, ambientais etc., foi o tema central de preocupação dos estudiosos da prospectiva nos anos 1970, notadamente: B. van Steenbergen, A. Waskow, Robert Jungk, Gaston Berger, Galtung.

Após a morte de Gaston Berger, em 1960, seu estudo pioneiro foi continuado por Pierre Masse, Bertrand de Jouvenel e, mais recentemente, Michel Godet. Em meados dos anos 1960 o *Centre d'Études Prospectives* aplicou a metodologia da prospectiva a uma série de questões

públicas como educação, meio ambiente, urbanização e planejamento regional (HEIJDEN, 2002).

Em 1972, Ossip K. Flechtheim, que propôs uma nova ciência da probabilidade e se preocupou em criar visões de futuro diferentes das representadas pelo socialismo soviético e pelo capitalismo norte americano. Em sua teoria, argumentava que mesmo que a previsão sistemática do futuro apenas revelasse um subconjunto de processos de mudança altamente prováveis estatisticamente e os mapeasse isto ainda seria de crucial valor social (FLECHTHEIM, 1972).

Segundo Buarque (2002), foi principalmente a partir dos anos 1970 que a técnica de cenários passou a ser utilizada no mundo empresarial de forma mais ampla; inicialmente, de forma rudimentar, com a projeção de tendências e cálculo de probabilidades, mas que com o tempo foram ganhando espaço experimental e recursos técnicos mais amplos e rigorosos.

Para Rescher *apud* Staley (2002), ainda é possível ver vestígios do *boom* futurista ocorrido entre 1945 e 1975, bastando para isso voltar o olhar para o mundo dos negócios; o interesse no futuro passou dos *think-tanks* desenvolvedores de políticas públicas para o mundo corporativo.

Na seção seguinte, as metodologias dos principais teóricos da atualidade são apresentadas e analisadas com mais detalhes.

2.3.3. As Principais Metodologias

Para Marcial e Grumbach (2002), não há apenas um método de construção de cenários, mas vários métodos. No entanto, o termo *método de cenários* só se aplicaria a uma abordagem que incluísse alguns passos específicos, como análise de sistemas, retrospectivas, identificação das variáveis, seu comportamento e relações, estratégia dos atores e elaboração de cenários múltiplos.

Uma análise comparativa dos principais métodos que possuem estas características, realizada por Marcial (2011), mostra que a principal diferença existente entre eles encontra-se nas ferramentas da prospectiva utilizadas em cada uma de suas fases.

Marcial propõe um modelo síntese que facilita a comparação entre os métodos. Conclui que todos os métodos citados, apesar de apresentarem diferenças metodológicas, são semelhantes, “*pois se desenvolvem sob o paradigma da prospectiva: constroem múltiplos cenários e focam*

na capacidade dos atores de construir o futuro”. O resultado pode ser verificado a seguir, na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Análise comparativa entre métodos de construção de cenários

| Modelo Síntese | Godet | Porter | Schwartz | Grumbach |
|--|---|---|--|--|
| 1. Definição do Plano de Trabalho | 1. Delimitação do sistema e ambiente | 1. Propósito do estudo | 1. Identificação da questão principal | 1. Definição do Problema |
| 2. Análise retrospectiva e da situação atual | 2. Análise retrospectiva e da situação atual | 2. Identificação das incertezas críticas | 2. Identificação dos fatores chave | 2. Pesquisa |
| 3. Definição das sementes de futuro | 3. Análise estrutural do sistema e do ambiente | <i>(Contemplado na etapa anterior)</i> | 3. Identificação das forças motrizes | 3. Processamento |
| 4. Definição dos condicionantes de futuro | 4. Definição dos condicionantes de futuro | <i>(Idem)</i> | 4. Ranking das incertezas críticas | <i>(Contemplado na etapa anterior)</i> |
| 5. Geração de Cenários | 5. Geração de cenários | 3. Comportamento futuro das variáveis | 5. Definição da lógica dos cenários / Definição dos cenários | <i>(Contemplado na etapa anterior)</i> |
| 6. Testes de consistência, ajustes e disseminação | 6. Teste de consistência, ajustes e disseminação | 4. Análise dos cenários e consistência; 5. Concorrência; 6. Elaboração das histórias (cenários) | <i>(Etapa não descrita)</i> | <i>(Etapa não descrita)</i> |
| 7. Análise dos cenários e definição de estratégias | 7. Opções estratégicas e planos / Monitoração estratégica | 7. Elaboração das estratégias competitivas | 6. Análise das implicações e opções | 4. Conclusão / Sugestão de estratégia |
| 8. Monitoramento estratégico | <i>(Contemplado na etapa anterior)</i> | <i>(Etapa não descrita)</i> | 7. Seleção de indicadores e sinalizadores principais | <i>(Etapa não descrita)</i> |

Fonte: Marcial (2011).

Para Marcial, o método de Godet é o mais complexo e robusto, com suas ferramentas de análise disponibilizadas no site do autor (<http://en.lapropective.fr/>). Continuando na análise,

o método descrito por Peter Schwartz no livro *The Art of Long View* (ou método da Global Business Network – GBN), é mais intuitivo e menos complexo que o de Godet.

Já o método de Michael Porter é uma adaptação do método de Schwartz, focado na indústria e na concorrência empresarial no meio industrial. Finalmente, Marcial termina esta análise dos principais métodos de construção de cenários com o Método Grumbach, o qual é descrito como simples e bem estruturado, contendo software de apoio que gera cenários e tendo como único revés o longo tempo de execução, em função da utilização do painel Delphi e do Método de Impactos Cruzados.

A Tabela 2.1 é útil para se familiarizar com as principais técnicas de construção de cenários e equiparar as fases compreendidas, reduzindo assim dificuldades com as nomenclaturas utilizadas pelos autores. O quadro também ajuda a melhor compreender a natureza do que está contemplado em algumas etapas, por exemplo: a etapa nº 2 do Modelo Síntese, descrita como “Análise retrospectiva e da situação atual”, tem como correspondente nos demais modelos as descrições “identificação das incertezas” e “identificação dos fatores chave”, o que fornece, de imediato, uma noção mais aprofundada do que é tratado pela etapa.

Esta é, no entanto, apenas uma forma de fornecer um rascunho mental inicial, facilitando a compreensão geral antes do obrigatório aprofundamento nas ferramentas, conforme preconizado por Godet: “*mais importante do que seguir um método é o conhecimento das ferramentas de prospectiva e de quando usá-las*”.

Moritz *apud* Marcial (2004) apresentou uma visão geral de cada um destes métodos, que ajuda a aprofundar o conhecimento sobre os mesmos, conforme é apresentado a seguir:

a) Metodologia de Godet

1. Delimitação do sistema e do ambiente: esta etapa serve para especificar a abrangência do estudo. Para se delimitar o sistema, são definidos o objeto de estudo, a abrangência geográfica e o horizonte temporal. Estes elementos são interligados e, dependendo de sua complexidade, podem formar subsistemas. O ambiente é o contexto em que se insere este sistema, tendo ambos recíproca interatividade. O sistema normalmente é definido partindo-se de um problema que envolve grandes incertezas e que pode trazer grandes impactos para a organização;

2. *Análise estrutural do sistema e do ambiente, retrospectiva da situação atual:* a partir do sistema e do ambiente delimitados, faz-se uma lista completa, mas preliminar, das variáveis mais relevantes e dos principais atores. Normalmente para esta etapa são utilizadas técnicas de *brainstorming*. Na sequência, é feita uma análise retrospectiva e uma análise da situação atual, de forma a evidenciar, por meio da evolução do sistema, as estratégias, alianças e mecanismos existentes. Com isso, é feita uma revisão da lista preliminar de atores e variáveis. As variáveis alimentarão uma matriz de análise estrutural de variáveis, visando analisá-las quanto à sua motricidade e dependência e classificando-as em variáveis-chave: explicativas, de ligação, de resultado ou autônomas. Os atores, por sua vez, são confrontados com as variáveis em uma nova matriz *atores x variáveis*, para evidenciar os atores mais influentes;

3. *Seleção dos condicionantes do futuro:* baseando-se na análise anterior, são obtidas as *condicionantes do futuro*: tendências de peso, fatos portadores de futuro, fatores predeterminados, as variantes e as alianças entre atores;

4. *Geração de cenários alternativos:* esta etapa inicia-se com uma *análise morfológica*. Nesta análise, as variáveis explicativas são decompostas em seus possíveis comportamentos ou estados futuros, segundo as estratégias escolhidas pelos atores. O próximo passo é a elaboração dos cenários propriamente ditos, a partir das variáveis-chave já identificadas. O encaminhamento da situação atual até os horizontes escolhidos deve ser descrito de forma coerente. O cenário é finalizado com uma descrição pormenorizada da situação final;

5. *Testes de consistência, ajuste e disseminação:* trata-se de verificar se há variáveis ou atores se comportando de forma não consistente com a lógica estabelecida e realizados os ajustes necessários. Com isso, os cenários são revisados e podem já ser divulgados ao seu público-alvo;

6. *Opções estratégicas e planos sobre monitoração estratégica:* nada mais é do que o uso dos cenários pela organização para definir suas estratégias.

b) Metodologia de Schwartz

Método criado pela empresa norte-americana GBN em 1988, constituída por 8 etapas. Em cada uma das etapas, são considerados os “modelos mentais” dos dirigentes, ou seja, suas visões de mundo, preocupações e incertezas.

1. *Identificação da questão principal*: definição da questão estratégica que motivou a construção dos cenários alternativos, que podem ser levantadas por meio de entrevistas, análises ou discussões. Posteriormente, são feitas as delimitações temporal e espacial do estudo e elaborada uma lista contendo as possíveis consequências a longo prazo;
2. *Identificação das principais forças do ambiente (fatores-chave)*: são as principais forças existentes no ambiente que contextualiza a questão principal. Depois de identificadas estas forças, é elaborada uma lista com os principais fatores de influências nas tomadas de decisão, que abrange questões econômicas e de mercado, como concorrência, agentes, volatilidade, crescimento, entre outros;
3. *Identificação das forças-motrizes ligadas ao macroambiente*: são forças que podem influenciar fortemente na evolução da questão principal, assim como aos fatores-chave envolvidos, mas são menos óbvias de se identificar. As forças-motrizes são cruciais para a tomada de decisão: são forças sociais, econômicas, políticas, ambientais e tecnológicas. Com base na lista de forças e no seu histórico de comportamento, buscam-se as conexões que levam aos possíveis impactos;
4. *Hierarquia por importância e incerteza*: trata-se da classificação das forças-motrizes em elementos predeterminados e variáveis incertas. Schwartz (2000) sugere que sejam selecionadas duas ou três variáveis apenas, de forma a classificá-las como as mais incertas e mais importantes.
5. *Seleção das lógicas dos cenários*: esta etapa, considerada a mais importante de todo o processo, sucede à identificação das incertezas críticas, que são as condicionantes do futuro de um determinado cenário. Estas variáveis devem ser posicionadas em eixos ao longo dos quais os cenários são descritos. Para Schwartz (2000), devem ser testados diversos eixos (trajetórias) e, após a análise das diversas possibilidades, escolhe-se os eixos que serão trabalhados. Recomenda-se escolher até quatro cenários.
6. *Descrição dos cenários*: tendo sido definidas as lógicas dos cenários, na etapa anterior, esta etapa trata de seu detalhamento. Utilizando a lista de fatores e tendências definidas nas etapas dois e três, faz-se a descrição de cada cenário de forma narrativa. Voltando-se para a questão principal, à luz das implicações de cada cenário, são avaliadas as estratégias organizacionais;

7. *Análise das implicações e opções:* para cada cenário, imaginando a organização em meio a cada um deles, são verificadas as implicações de cada decisão, as oportunidades e suas vulnerabilidades;

8. *Seleção de indicadores e sinalizadores principais:* visam propiciar um monitoramento contínuo.

c) Metodologia de Porter

Este método tem como foco o setor industrial; define as principais forças que o regem e que são a base para a construção de cenários e estratégias industriais: novos concorrentes; produtos substitutos; poder de negociação dos compradores; dos fornecedores; e grau de rivalidade da concorrência. A metodologia é composta por oito etapas:

1. *Propósito do estudo:* modelagem ambiental e do sistema objeto de estudo (indústria);

2. *Histórico e situação atual:* panorama histórico e atual da indústria;

3. *Identificação das incertezas críticas:* identificação das variáveis que podem causar impacto significativo na empresa e classificação destas em: variáveis incertas, variáveis predeterminadas e variáveis constantes;

4. *Comportamento futuro das variáveis:* nesta etapa, as variáveis incertas são separadas das demais. Para Porter (1992), apenas estas variáveis determinam cenários. As variáveis predeterminadas são previsíveis e as constantes têm pouca chance de sofrer mudanças. Pode-se consultar especialistas para avaliar que ações devem ser desencadeadas para viabilizar certos acontecimentos futuros. Ao final, as variáveis incertas são classificadas como dependentes e independentes;

5. *Análise de cenários e consistência:* nesta etapa, ao menos um dos cenários deve traduzir as convicções da direção da indústria. Depois é feita uma análise de consistência dos cenários, eliminando os inconsistentes e, por fim, para se chegar ao número de cenários resultante do estudo, mantêm-se os cenários que traduzam as necessidades de planejamento quanto à infraestrutura futura, à atratividade industrial e às vantagens competitivas, buscando reduzir o número de incertezas;

6. *Concorrência:* nesta etapa, incorporam-se aos cenários restantes, os possíveis movimentos da concorrência.

7. *Elaboração das histórias dos cenários*: contém a descrição detalhada de cada contexto, das variáveis utilizadas, de suas interligações e dos fatores causais;

8. *Elaboração das estratégias competitivas*: utilização dos cenários construídos na elaboração da estratégia competitiva da indústria.

d) Metodologia de Grumbach

Método constituído por quatro etapas, baseado no conceito da prospectiva de que existem vários futuros possíveis que não refletem necessariamente uma extrapolação da história. A metodologia envolve quatro etapas:

1. *Definição do problema*: é feita a delimitação temporal e espacial do estudo. São também definidos os peritos convidados a contribuir com o trabalho e feitas pesquisas acerca do pensamento dos dirigentes da organização;

2. *Diagnóstico estratégico ou pesquisa do problema*: levantamento de variáveis internas e externas, análise do histórico e da situação;

3. *Processamento*: constitui-se de três etapas: a) compreensão; b) concepção; c) avaliação.

a) *Compreensão*: nesta etapa é feita a descrição da pesquisa por analistas e a identificação dos “fatos portadores de futuro”, com base nos quais são identificadas as rupturas de tendências, que resultam na concepção dos eventos futuros. Técnicas de criatividade como o *brainstorming* são utilizadas identificar eventos futuros e compor os cenários.

b) *Concepção*: nesta etapa, os especialistas convidados fazem um exercício de se colocar ao final do horizonte temporal do estudo e imaginar quais seriam as ocorrências benéficas que têm real probabilidade de acontecer, sabendo que os fatores e agentes exógenos são as variáveis mais importantes. Nesta etapa, devem-se identificar as rupturas de tendências, não ficando preso a projeções dos acontecimentos passados. Assim, os eventos imaginados pelos especialistas devem ser exaustivamente discutidos, para que não passem para o campo da adivinhação. Ou seja, nesta etapa surgem eventos adicionais aos da fase de diagnóstico, mesmo que não estejam amparados na lista de fatos concretos. Os autores sugerem agrupar os eventos afins, para evitar um número demasiados de acontecimentos. Também sugerem que

seja mantido um número máximo de eventos preliminares, de forma a limitar o número de cenários gerados.

c) Avaliação: trata-se de interpretar as alternativas de futuro existentes, para auxiliar na tomada de decisão. Neste processo são utilizados dois métodos: o método Delphi e o método de impactos cruzados. O primeiro verifica qual a probabilidade de ocorrência de um evento segundo a visão dos especialistas. No método de impactos cruzados, os especialistas opinam a respeito da influência que a ocorrência dos eventos trará sobre a probabilidade dos demais ocorrerem. Por fim, para descrever cada um dos cenários, é feito um encadeamento lógico dos acontecimentos, com base nos estudos realizados, e o processo termina com a definição de estratégias para a organização.

Em resumo, a fase de *processamento* contempla:

- *Identificação dos fatos portadores de futuro;*
- *Lista preliminar de eventos;*
- *Seleção dos eventos com apoio dos métodos Delphi e Impactos Cruzados;*
- *Interpretação e hierarquização dos cenários.*

4. Sugestões: é a última fase do método de Grumbach, onde é sintetizado o encadeamento lógico de todo o trabalho, de forma a permitir que a direção da organização visualize sua situação em algum momento e avalie, diante dos cenários existentes, qual a situação que lhe é mais favorável.

2.4. Aplicações dos Estudos de Cenários

Nesta seção são apresentadas aplicações das técnicas de construção de cenários. Para este fim, dividiu-se esta seção em duas partes: a primeira, voltada à apresentação de aplicações em geral e, a segunda, voltada a aplicações no setor elétrico.

2.4.1. Aplicações Diversas

Segundo Buarque (2003), desde a década de 1970, multiplicaram-se os estudos e difundiu-se o uso das técnicas de cenários em várias empresas e países. Também ressalta que a década de 1990, dominada por muitas incertezas no cenário político e econômico mundiais, gerou uma grande massa de profissionais e de consultores com atividade permanente na construção de

cenários, incluindo-se aí empresas especializadas, como a Global Business Network (GBN), fundada em 1988, que realiza estudos sistemáticos e atualizados de cenários como ferramenta para orientar empresas em seminários de planejamento estratégico, além de dar apoio técnico a atividades prospectivas em diferentes partes do planeta.

Dentre as aplicações citadas por Buarque, estão:

- a) Quatro cenários mundiais decorrentes da combinação das alternativas de integração ou fragmentação e globalização ou regionalização (cf. GBN, 1995);
- b) Cenários mundiais que combinam integração ou fragmentação com hegemonia multipolar ou unipolar (cf. SKIDMORE *apud* SARDENBERG, 1996);
- c) Cenários globais elaborados que traçam futuros alternativos da combinação de duas megatendências: mudança tecnológica e abertura econômica, antecipando a formação de uma civilização global em meio a um longo ciclo de crescimento econômico sustentável (cf. SCHWARTZ; LEYDEN, 1997);
- d) Na Europa, nos últimos vinte anos, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento (OCDE) vem realizando sistematicamente estudos de cenários, em grande parte com enfoque setorial. Entre os de âmbito nacional, algumas inovações foram introduzidas nos cenários da África do Sul realizados em 1991 com o apoio da Anglo American Mining Corporation (Clem Sunter) e de consultores (Adam Kahane) com larga experiência na Shell (Pierre Wack), líder na construção de cenários empresariais.
- e) O apoio da GBN e de Adam Kahane, que liderou a experiência sul-africana, foram realizados, entre 1998-1999, cenários alternativos da Colômbia, publicados com o título *Destino Colômbia: resultado de uma mobilização de diferentes personalidades, lideranças políticas e técnicas colombianas* (cf. GBN, s.d.).

Na França, a associação *Futuribles* é especializada na construção de cenários globais, setoriais e temáticos voltados a orientar o processo decisório em empresas e em nações, mas principalmente para políticas públicas, voltados a questões sociais.

Prescott e Miller *apud* Lários (2003) citam exemplos de aplicação das técnicas de construção de cenários no planejamento empresarial:

- a) A empresa química alemã BASF e a norte-americana Boeing baseiam seus processos de planejamento estratégico na construção de cenários;

- b) A *Daimler-Benz Aerospace*, que desenvolveu cenários até 2015 sobre a evolução do tráfego aéreo global.

No Brasil, Segundo Buarque (2003), as primeiras referências às técnicas de antecipação de futuro são trabalhos acadêmicos da década de 1970, dentre os quais pode-se destacar os trabalhos de Henrique Rattner. Trabalhos com conteúdo teórico e metodológico sobre a prospecção de futuros surgem no fim da década, embora tenham sido muito pouco utilizados, por não existir uma percepção da importância da ferramenta nas esferas empresarial e governamental.

Na segunda metade da década de 1980, seguindo as tendências da Europa e EUA do pós-guerra, conforme relatado na seção anterior, procura-se desenhar um cenário desejado para o Brasil com base em alguns parâmetros gerais de desenvolvimento, podendo-se destacar o trabalho de Hélio Jaguaribe (1989), intitulado *Brasil 2000* (BUARQUE, 2003).

Na segunda metade da década de 1980, empresas estatais que operam em segmentos de longo prazo de maturação, como a Petrobras e a Eletrobras lideram as iniciativas de elaboração de cenários e antecipação de futuro sobre o comportamento de mercado e a demanda de energia e de combustíveis (BUARQUE, 2003). Abaixo é feita uma sequência cronológica dos trabalhos por ele apontados:

- Em 1976, é divulgado pelo Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (Iuperj) o *Manual de técnicas de previsão* (cf. GOMES DE SOUZA, GOMES DE SOUZA, E ABREU SILVA, 1976), que faz uma reflexão teórica e conceitual sobre a antecipação de futuro e apresenta uma proposta metodológica e técnica para a construção de cenários;
- Em 1979 é publicado o livro de Henrique Rattner, *Estudos do futuro – introdução à antecipação tecnológica e social*, que constitui efetivamente um referencial metodológico para a prática de elaboração de cenários;
- Na década de 1980, o trabalho de conteúdo diretamente econômico elaborado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social teve um impacto importante e iniciou uma grande discussão política sobre os cenários do Brasil (cf. LUCAS, VELOSO In: MARCOVITCH, 1989). Este estudo introduziu as alternativas de desenvolvimento brasileiro e de inserção na economia internacional. Os cenários do BNDES contribuíram para o planejamento estratégico do banco e levaram à

introdução do cenário de integração competitiva nas formulações estratégicas do Brasil;

- Em 1989, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) aprofundou e ampliou o estudo dos cenários da Amazônia, atualizando com novos e importantes eventos que dominaram as cenas internacional e nacional, particularmente a forte emergência da questão ambiental e a pressão para preservação das florestas tropicais. Além disso, introduziram a novidade de formular um cenário desejado, elaborado com base em consulta à sociedade organizada da região (cf. SUDAM, 1990);
- Em 1989, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) produz trabalho com enfoque temático, com o objetivo de apoiar a definição de prioridades de C&T do Brasil (cf. CNPq, 1989);
- A partir de 1989, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) começa a produzir cenários do contexto socioeconômico, como instrumentos para o planejamento estratégico da empresa (cf. FINEP, 1992);
- Em 1989, a Petrobras finaliza o estudo *Macrocenários mundiais e nacionais e impactos sobre a Petrobras (oportunidades e ameaças)*. Além de ter feito um grande esforço técnico de construção de cenários, a Petrobras mantém um departamento ativo de monitoramento, que gera insumos permanentes para o planejamento estratégico da empresa (cf. PETROBRAS, 1989);
- Em 1994, o Projeto Áridas, trabalhou com cenário desejado e utilizou, para tanto, um processo inovador de consulta aos atores sociais regionais, que combinou oficinas com consulta estrutural (cf. SEPLAN/PR, 1994);
- Em 1996, realizaram-se também os cenários do ambiente de negócios das pequenas e das microempresas, realizados pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, procurando definir os elementos para a priorização das ações da instituição (cf. SEBRAE, 1996);
- Em 1997, foram elaborados diversos cenários elaborados pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) com focalizações regionais e análise do impacto sobre o sistema de ensino superior e sobre a instituição (cf. SENAI, 1997);
- Em 1997, o Ipea publicou *O Brasil na virada do milênio*, que apresentou vários ensaios de análise das perspectivas futuras para o Brasil, sob os pontos de vista global

e setoriais, embora não se tenha utilizado metodologia e técnica sistemática de cenários (cf. IPEA, 1997);

- Em 1998, o governo federal realizou um dos maiores empreendimentos de construção de macrocenários no Brasil, o Projeto “Brasil 2020”, implementado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE da Presidência da República em 1998. A SAE também combinou um conjunto de cenários alternativos com um cenário normativo (desejado), para o qual utilizou uma consulta aos atores sociais e às lideranças políticas nacionais (cf. SAE, 1998);
- Em 1999, foram realizados, com patrocínio do Paranacidade³ e o apoio do Ipea/Pnud, estudos de cenários com foco microrregional. Os cenários microrregionais do Paraná também recorreram a consultas à sociedade por meio da utilização de técnica semelhante à explorada pelo Projeto Áridas (cf. PARANÁ, 1999);

Buarque ressalta que, no entanto, a utilidade desses diversos estudos para o planejamento e a efetiva tomada de decisões tem sido limitada:

Por um lado, em razão das discontinuidades de orientação das instituições patrocinadoras dos trabalhos e, por outro, em virtude da excessiva instabilidade político-institucional do Brasil. (...) De qualquer forma, houve uma grande difusão da metodologia de construção de cenários, algumas instituições acadêmicas consolidaram-se como espaços de reflexão sobre o futuro (BUARQUE, 2003).

Buarque conclui afirmando que a intensificação dos estudos de cenários na segunda metade da década de 1990 parece refletir a mudança das condições políticas e econômicas do Brasil e que a estabilização da economia diminuiu o imediatismo das visões e das práticas dos atores sociais e dos agentes públicos e restaurou a preocupação com o planejamento de médio e de longo prazos. Em todo o mundo, houve grandes avanços na elaboração e nas técnicas de cenários para o planejamento estratégico e no Brasil, a antecipação de futuros passou a entrar no vocabulário corrente dos técnicos e dos planejadores.

³ Criada pelo Estado do Paraná, é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, de interesse público, sob a modalidade de serviço social autônomo, com a finalidade de fomentar e executar atividades e serviços não exclusivos do Estado, relacionados necessariamente ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos Municípios e à administração de recursos e de fundos financeiros públicos, destinados ao desenvolvimento urbano, regional e institucional, em especial o Fundo Estadual de Desenvolvimento Urbano, criado pela Lei nº 8.917 de 15 de dezembro de 1988 (Lei nº 15.211 de 17/07/2006, publicada no D.O.U. de 17/07/2006).

Em pesquisa realizada por Marcial (1999) para a construção de cenários durante processo de planejamento estratégico do Banco do Brasil, mostrou que a instituição encontrava problemas em integrar os cenários exploratórios e o planejamento estratégico. Marcial conclui que o método utilizado para construção dos cenários tem pouca influência na questão, cuja solução reside em transformar as informações contidas nos cenários exploratórios em objetivos estratégicos e metas que contribuam para que a visão de futuro da instituição seja atingida.

Moresi (2005) utilizou dados de monitoração ambiental realizados pela Embrapa para alimentar os processos de cenarização realizados pela empresa a fim de torna-los mais efetivos.

Em 2006, artigo de Polesi publicado na revista Estudos Avançados, apresenta cenários gerais para o Brasil no ano 2022. Este artigo também foi apresentado em seminário organizado em 2005 pelo Instituto para Estudos Avançados – IEA sobre prospecção de cenários futuros nas dimensões "Global" e "Institucional" do Projeto "Brasil 3 Tempos – 2007-2015-2022", conduzido pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE) e pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

Thiessen (2009) e Ribas (2013) elaboram cenários, respectivamente, para a educação tradicional no estado de Santa Catarina e para a educação a distância (EAD) no país, voltados ao planejamento educacional, a fim de contribuir para a geração de estratégias por meio da extrapolação de tendências e da consideração de aspectos do futuro e incertezas.

Estudo prospectivo realizado por Rangel (2012) investigou as transformações ocorridas no setor de mineração e o aumento na complexidade das relações entre as variáveis críticas do setor, levando à conclusão de que o processo de pelotização é a principal alternativa tecnológica para o novo contexto econômico do setor. No mesmo ano, Carlos *et alii* fizeram um mapeamento sobre a produção científica brasileira no tema cenários estratégicos nos anos 2001 a 2012.

Januzzi (2013) propôs um modelo simplificado aplicado ao desenvolvimento de políticas sociais. Forte e De Moraes, no mesmo ano, fizeram uma retrospectiva sobre os estudos baseados em cenários realizados pela Academia Brasileira de Administração (ABDA).

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (2013) desenvolveu um estudo onde é proposto um conjunto de ações de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) voltadas a fomentar o segmento de celulose e papel em sua competitividade e eficiência energética,

utilizando recursos da prospectiva como descrição do ambiente, do histórico, da situação atual e de uma visão de futuro, além de tendências e de evoluções desejadas para o setor.

2.4.2. Aplicações no Setor Elétrico

Segundo Bajay e De Carvalho (2006), desde a década de 1970, as áreas de planejamento do setor energético têm utilizado cenários alternativos de desenvolvimento em projeções da demanda e da oferta de energéticos, como forma de explorar caminhos distintos de evolução do crescimento econômico ou testar o impacto de novas políticas públicas. As técnicas de cenários são uma forma de tratar as incertezas e podem ser usados em projeções da demanda energética ou em conjunto com alternativas do lado da oferta.

Anteriormente ao uso de técnicas de construção de cenários, diversos estudos para desenvolver modelos teóricos de previsão baseados em séries temporais foram realizados, notadamente para cálculo das elasticidades de renda e de preço e modelos teóricos para previsão de demanda.

O modelo utilizado para medir a elasticidade da demanda de energia elétrica em relação a variáveis às quais a demanda seja sensível foi apresentado por Charles Cobb e Paul Douglas em 1928, também conhecido como *modelo Cobb-Douglas* ou “função de demanda derivada”.

a) Previsão da demanda baseada em séries temporais

Um dos primeiros trabalhos de previsão da demanda foi apresentado por Houthakker (1951), que estimou a demanda total de energia elétrica para quarenta e duas províncias na Grã-Bretanha no período de 1937 a 1988 e calculou as elasticidades-preço e renda de longo prazo.

Smith (1980) e Silk & Joutz (1993) pesquisaram sobre a demanda de energia elétrica no setor residencial estadunidense nos períodos de 1957 a 1972 e 1949 a 1993 respectivamente.

Wills (1981) fez uma análise estatística do tipo *cross-section* em 27 distritos de Massachusetts (E.U.A.) a fim de estimar a elasticidade-preço de longo prazo para o cálculo da demanda de energia elétrica no setor residencial.

Em 1984, Westley publicou um trabalho sobre elasticidade-preço e elasticidade-renda de longo prazo para o Paraguai. Depois de cinco anos, Westley publicou outro trabalho com o mesmo foco para a Costa Rica.

Donatos & Mergos (1991) estimaram a elasticidade-preço e a elasticidade-renda de curto-prazo e de longo-prazo no período entre 1961 a 1986 no setor residencial grego. Bentzed e Engsted calcularam as elasticidades-preço e renda de curto e longo prazo no período de 1948 a 1990 para a Dinamarca.

Em 1999, Beenstock, Goldin e Nabot calcularam as elasticidades-renda e preço de curto e longo prazo no período de 1965 e 1995 para o setor industrial e comercial em Israel. Já Christopoulos (2000), estimou a demanda por energia industrial (diesel, eletricidade e petróleo) para a Grécia entre 1970 a 1990.

No Brasil, um dos primeiros trabalhos realizados sobre elasticidade-renda e preço da demanda de energia foi apresentado por Modiano (1984), que contemplava as classes residencial, comercial e industrial no período de 1963 a 1981. Em sua análise foi estimada uma previsão de curto e longo prazo empregando o modelo de Cobb-Douglas.

Em 1997, Andrade e Lobão analisaram a evolução do consumo residencial de energia elétrica para o Brasil no período 1963 a 1995 por meio da estimação das elasticidades-renda e preço.

Mais tarde, Irffi *et alii* (2009) apresentam um modelo econométrico que se mostra mais preciso em relação aos utilizados anteriormente por Modiano (1984) e Andrade e Lobão (1997) e utiliza outras variáveis para calcular suas elasticidades em relação à demanda: preço de equipamentos e preço de bens substitutos, ampliando ou modificando a lista de variáveis analisadas de acordo com as características do setor estudado.

Já Viana (2010), estima e analisa a evolução do consumo de energia elétrica por setores para o Brasil de 1975 a 2006, partindo das abordagens feitas por Modiano (1984) e Andrade e Lobão (1997), e ressalta a importância que os cálculos de elasticidade da demanda em função do preço e da renda têm para o planejamento de políticas públicas no setor energético, já que captam a reação dos usuários desses setores à tarifação e à renda.

A seguir, são relatados estudos que utilizaram técnicas de cenários no planejamento do setor elétrico.

b) Previsão da demanda baseada em cenários

Harris *et alii*. (1978) elaboram cenários para a questão energética da Nova Zelândia por meio da avaliação dos limites de três das principais questões que envolvem o setor energético, a saber: (1) continuidade das políticas aplicadas, da ênfase no crescimento econômico em termos de produtividade e da exploração dos potenciais industrial e agrícola do país; (2)

Minimizar a poluição, e; (3) chegar ao limite, até o ano 2000, dos crescimentos econômico, das fontes tradicionais de energia e da degradação do meio ambiente.

Hollander (1980) elaborou uma série de oito cenários combinando fatores como o crescimento do produto nacional bruto e o custo da energia, baseando-se em variações das fontes de energia disponíveis e nas condições sociopolíticas afeitas à questão energética. Concluiu que cada cenário dependeria das políticas adotadas, a fim de que o estilo de vida dos americanos não fosse afetado significativamente.

Shrestha *et alii* (2007) avalia os possíveis impactos trazidos pelo uso da energia na Tailândia até o ano 2050 por meio da construção de quatro cenários que consideram variáveis como economia, população, eficiência energética e penetração de energias renováveis. Nos cenários são apontadas mudanças na matriz primária, dependência de importação e evolução das emissões.

Cerda Arias e Westermann (2009) propuseram uma estratégia que combina métodos de previsão de carga baseados em metodologias tradicionais com a implementação de uma transformada *wavelet* discreta. Os autores fazem também uma análise de sensibilidade, tomando por base, dados reais do setor residencial alemão. Neste caso não são usados cenários, mas conforme Bajay e De Carvalho (2006), assim como a técnica de cenários, a análise de sensibilidade é um dos principais métodos utilizados no tratamento de incertezas em modelos de planejamento da expansão de sistemas energéticos.

Axelsson *et alii* (2009) aborda a questão da emissão de CO₂, considerando que as indústrias energo-intensivas podem ter grande contribuição. No entanto, para isso, os devidos investimentos devem ser feitos. Com a premissa de que para que tais investimentos sejam feitos é preciso conhecer o futuro do mercado de energia, são apresentados quatro cenários até 2020, tendo como entrada preços de energia primária e custos dos instrumentos regulatórios e, como saída, preços no mercado e consequências para as emissões advindas do uso de diferentes insumos (gás, eletricidade etc.).

Yang, Deuse e Droste (2011) lembram que o planejamento de eficiência energética tem sido negligenciado por décadas, apesar de ser, cada vez mais, devido às altas de preço da energia, um fator importante para a competitividade de uma indústria.

Schumacher (2012) se refere às técnicas de facilitação para a construção de cenários como uma maneira de melhorar as previsões e, apresenta lições aprendidas durante processos de facilitação para a construção de cenários realizados para uma concessionária de eletricidade.

Brown *et alii*. (2001) abordam em que aspectos a eficiência energética pode levar a um uso mais sustentável da energia e por analisam os impactos que diferentes programas e políticas públicas podem trazer, levando também em conta os aspectos econômico e ambiental. O cenário mais extremo indicava ser possível chegar a 2010 com níveis de emissão de CO₂ iguais aos de 1990, e que a redução nas contas de energia paga pelos investimentos necessários.

Van Vuuren *et alii* (2003) desenvolveram um conjunto de cenários para energia e emissões na China, entre os anos de 1995 e 2100, baseados nos cenários do *Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas - IPCC*, com o objetivo de explorar as opções para mitigar emissões dependendo do contexto. A análise aponta ser possível reduzir as emissões por meio de ações de eficiência energética e de medidas aplicadas ao setor elétrico.

No Brasil, o primeiro estudo para o setor elétrico veio em 1987, quando a Eletrobras lança o *Plano 2010 - Relatório Geral*. Os estudos de cenários para projeção de demanda de energia elétrica são aprofundados e ampliados pela Eletronorte, que dá início à focalização regional no Brasil (BUARQUE, 2003).

Em 1988, a Eletronorte realizou, segundo Buarque (2003), o primeiro grande empreendimento de construção de cenários para uma macrorregião, com um aprofundamento analítico e com a utilização de técnicas avançadas e contemporâneas de organização e sistematização de hipóteses. Esse trabalho teve o mérito de orientar, efetivamente, a empresa no seu planejamento estratégico e no seu plano de expansão, embora não tenha tido continuidade no monitoramento e no acompanhamento da realidade.

Ao final da década de 1990, dez anos depois do primeiro exercício de cenários regionais e de demanda de energia elétrica, a Eletronorte realizou um empreendimento voltado para a atualização dos cenários socioeconômicos e energéticos da Amazônia; produziu novos cenários mundiais, nacionais e regionais e utilizou suas conclusões para o planejamento estratégico empresarial (BUARQUE, 2003).

Em 2005, é divulgado pela Eletrobras, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel (SHCAEFFER, 2005), um relatório que teve por objetivo avaliar o potencial de eficiência energética da classe residencial no Brasil, dividindo este setor em vários subsetores (i.e. região, faixa de consumo), de forma a obter um maior detalhamento do setor. Esta desagregação em subsetores foi baseada na Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e de Hábitos de Consumo - PPH, elaborada pela PUC-RJ em 2004, que mapeou o consumo

residencial brasileiro qualitativa e quantitativamente segundo a posse de eletrodomésticos como lâmpadas, chuveiros elétricos, refrigeradores e condicionadores de ar.

Nos cenários, a redução do consumo depende da participação da alternativa mais eficiente no consumo de energia, da melhoria da eficiência energética e da penetração da alternativa no mercado. Assim, são considerados quatro cenários: um cenário técnico, um econômico, um de mercado e um sem conservação.

Para testar os possíveis benefícios a serem trazidos pela entrada de novos níveis mínimos de eficiência energética para motores de indução no Brasil em 2010, Garcia *et alii* (2007) apresentam os resultados de uma análise de sensibilidade. Da mesma forma que Schaeffer (2005), os parâmetros avaliados na análise de sensibilidade são apresentados em três cenários, denominados *técnico, econômico e de mercado*. A partir de uma amostragem de 9000 motores em diversas indústrias, das quais foram coletados e medidos os dados para o estudo, concluem que na grande maioria dos casos a troca de motores é rentável e que, devido ao custo marginal de expansão ser sempre superior ao da eficientização dos motores, que políticas de incentivo ao investimento devem ser adotadas.

Com a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em 2003, a Eletrobras parou para esta nova empresa a realização de estudos de mercados futuros com cenários. Em 2007 foi divulgado o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, que descreve quatro cenários de evolução da demanda e oferta de energia para o Brasil, considerando aspectos de política econômica externa e aspectos gerais internos, como economia, política educação, segurança, evolução da matriz energética, dentre outros (MME, 2007).

O PNE 2030 considerou em suas projeções de consumo de energia elétrica uma tendência de economia de energia denominada *Progresso Autônomo*, isto é, uma economia proveniente de ações já implantadas. Esta economia, no cenário B1 do PNE⁴, corresponde a cerca de 53 TWh no ano 2030, cerca de 5% do consumo projetado para esse ano. Foi definido também o *Progresso Induzido*, que representa a economia de energia proveniente de novas ações e políticas, correspondendo a mais 5% do consumo de 2030 do cenário B1.

⁴ Os estudos do PNE 2030 prospectivos econômicos e energéticos para o país foram descritos segundo quatro cenários distintos, A, B1, B2 e C, de acordo com as taxas anuais médias de crescimento do PIB visualizadas no período 2005/2030 em cada cenário. O cenário B1, com PIB médio de 4,1%, foi considerado o cenário de referência e indicado para o estabelecimento das estratégias de expansão do sistema energético nacional e complementado com análises de sensibilidade.

De forma a organizar e dar aprofundamento às questões de Eficiência Energética que deveriam ser tratadas prioritariamente para se atingir as metas do PNE 2030, o MME divulgou, em 2011, o Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf.

2.5. Contribuição para o Debate Acadêmico

Por meio desta revisão da literatura, foi possível reunir as seguintes premissas:

- a) A necessidade de planejamento no setor elétrico, haja vista que seus empreendimentos são de maturação longa, tornaram os métodos de previsão e de construção de cenários tradicionais no setor, sendo que os cenários começaram a ser usados mais tarde, na década de 1970;
- b) O planejamento por meio de cenários e previsões no setor elétrico brasileiro tem como um de seus estudos mais recentes e importantes o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, divulgado em 2007, no qual foram desenvolvidos cenários que consideram aspectos de política econômica externa e aspectos gerais internos, como economia, política educação, segurança, evolução da matriz energética;
- c) O Plano Nacional de Energia – PNE 2030 dá destaque para a Eficiência Energética, considerando em seus cenários que esta será responsável por 10% do atendimento à demanda no horizonte estudado, valor estimado em 103 TWh;
- d) A energia elétrica destinada à força motriz representa 41% da energia elétrica consumida no Brasil (EPE, 2012). Desta parcela, grande parte é representada por motores de indução trifásicos, objeto de ação da Eficiência Energética sobre o qual já contam com apoio e estrutura do Selo Procel e do PBE;
- e) Este destaque à eficiência energética presume que sejam desenvolvidas políticas de incentivo e avaliação das incertezas envolvidas, a fim de que sejam executados os projetos necessários, fato comum ao desenvolvimento da eficiência energética pelo mundo;
- f) Para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à eficiência energética, é necessário utilizar uma metodologia que considere a complexidade do ambiente, os variados atores envolvidos, dando o devido tratamento das incertezas. Neste sentido, as técnicas de prospectiva têm se mostrado adequadas e aceitas para a tomada de decisão e alinhamento estratégico em variadas disciplinas.

Portanto, a necessidade de planejamento no setor elétrico, seja este realizado sob um ponto de vista geral ou mais específico, como seria o caso da eficiência energética, encontra nas técnicas de prospectiva uma metodologia que trata adequadamente a complexidade do ambiente, os variados atores envolvidos e as incertezas. Para isso, esta dissertação pretende contribuir com a apresentação de cenários mais específicos para a eficiência energética, baseados naqueles do Plano Nacional de Energia – PNE 2030, a fim de gerar resultados e análises que contribuam para a elaboração de políticas públicas, o planejamento e o acompanhamento estratégico de ações. Como caso específico, são estudados os motores de indução trifásicos, escolha justificada por sua expressiva participação no consumo de energia elétrica no Brasil, principalmente na indústria.

2.6. Considerações Finais

As incertezas ambientais existentes no setor elétrico são uma boa razão para a realização do planejamento por meio da construção de cenários, podendo ajudar a visualizar as múltiplas possibilidades de realização do futuro e antecipar-se às suas consequências.

A função dos cenários não é informar o que vai acontecer, mas explorar as possibilidades de futuro. Juntamente com a análise do cenário desejado, levam a melhores tomadas e decisão e definição dos objetivos estratégicos.

O capítulo seguinte apresentará a metodologia utilizada para a geração de cenários prospectivos de um sistema com modelagem centrada na eficiência energética de motores de indução trifásicos, elaborados a partir dos cenários do PNE 2030.

3. Metodologia Proposta para Obtenção dos Cenários

3.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo, foram utilizadas cinco referências essenciais: Godet (2000, 2008); Marcial (2013); EPE (2008); Nogueira *et alii* (2009; 2010); e Irfi *et alii*, (2009). Nele é apresentada a metodologia desenvolvida para a obtenção dos cenários de eficiência energética para motores de indução trifásicos na indústria brasileira. Esta metodologia pretende chegar aos cenários específicos para motores por meio de três *módulos*, a partir dos quais são conjugados cenários gerais do PNE 2030, dados específicos sobre MIT e eficiência energética e séries históricas relacionadas com o sistema estudado.

3.2. Visão Geral da Metodologia

Conforme ilustrado pela Figura 3.1, a metodologia proposta para o desenvolvimento dos cenários é baseado na divisão de três módulos:

1. Módulo de previsão de vendas
2. Módulo de cenários
3. Módulo de economia de energia

O primeiro módulo a ser desenvolvido é o método de previsão de vendas, que pretende utilizar os dados do PNE 2030 de forma associada ao histórico de projeção de vendas de motores disponível (não apresentado pelo PNE), a fim de obter uma projeção das vendas de motores coerente com o PNE.

Em seguida, é realizado o desenvolvimento dos cenários prospectivos que visam analisar as possibilidades de evolução para o rendimento de motores de indução trifásicos eficientes. A partir de uma avaliação geral das técnicas de cenários apresentadas no capítulo anterior, uma é escolhida para desenvolver os cenários, com apoio de uma série de entrevistas realizadas com especialistas da área de eficiência energética realizada pelo Procel em 2011.

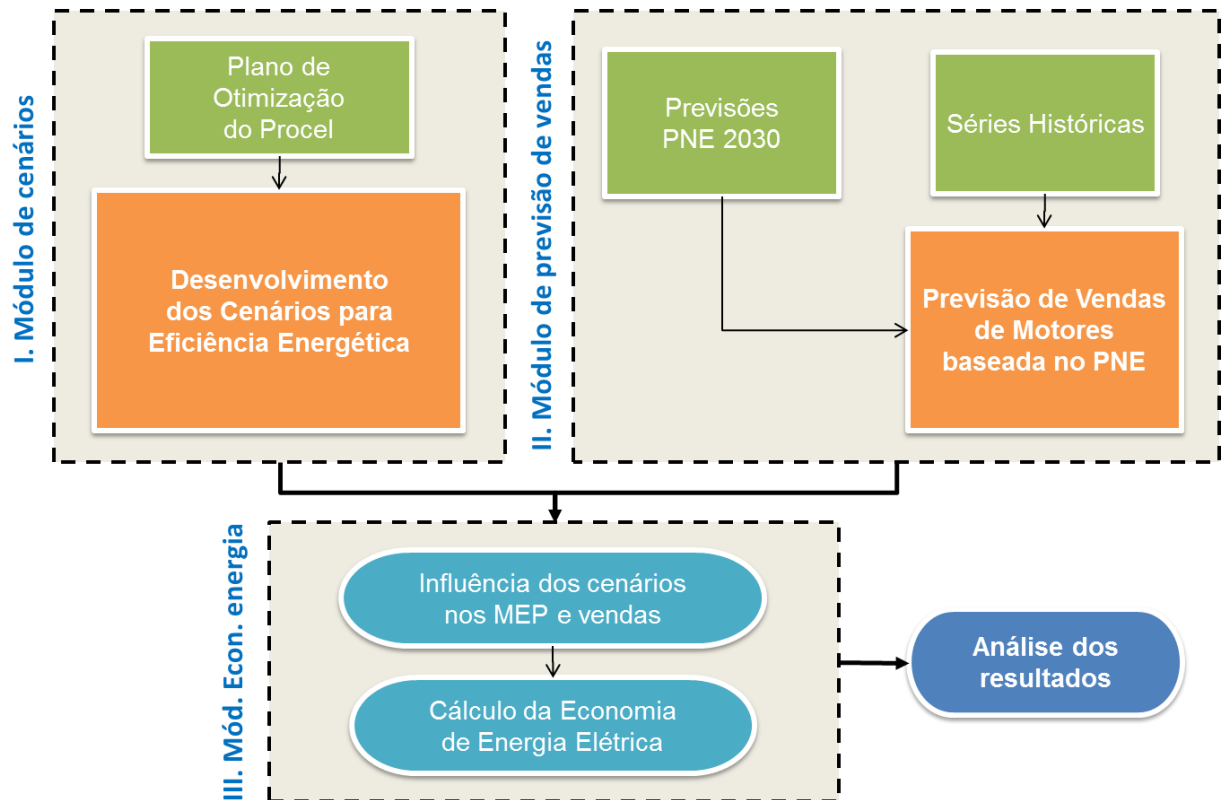


Figura 3.1 –Diagrama esquemático da metodologia proposta

Por fim, são estimados os ganhos em eficiência energética que podem ser obtidos em cada um dos cenários desenvolvidos. O cálculo da economia de energia obtida em cada cenário é realizado com base na metodologia de avaliação de resultados do Selo Procel.

3.3. O Módulo de Cenários

De acordo com a análise comparativa dos principais métodos de construção de cenários, feita por Marcial (2011) e apresentada no Capítulo 2, pode-se concluir que a principal diferença existente entre os métodos encontra-se nas ferramentas de prospectiva utilizadas em cada uma de suas fases.

Os métodos apresentados por Marcial (*i.e.* Schwartz, Godet, Porter e Grumbach), são os mais estruturados. Outros métodos, apesar de bons, não são sistematizados o suficiente ou demandam tempo ainda maior, como é o caso daqueles que utilizam o painel Delphi.

Além disso, Marcial enfatiza que, de todos os métodos, o de Godet é o mais completo e robusto, tendo suas ferramentas de análise disponibilizadas no site do autor⁵ (chamada por ele de “caixa de ferramentas”), que apoiam o estrategista a cada etapa do processo. Portanto, com base nas premissas acima, decide-se pela metodologia de Michel Godet, composta pelas seguintes etapas:

- a. Delimitação do sistema e formulação do problema*
- b. Análise estrutural*
- c. Análise da interação entre atores*
- d. Análise morfológica*
- e. Impactos cruzados probabilísticos*
- f. Avaliação das opções estratégicas*

Esta primeira fase do método visa à construção do que Godet denomina “base”, ou seja, “uma imagem” do estado atual do sistema constituído pelo fenômeno estudado e o ambiente no qual está inserido. As características deste ambiente são consideradas para a evolução do sistema.

Esta base ou imagem deverá ser:

- Detalhada e aprofundada em questões quantitativas e qualitativas;
- Constituída por vários enfoques (dimensões): econômico, tecnológico, político, sociológico, ecológico etc;
- Dinâmica, evidenciando as tendências do passado e os fatos portadores de futuro;
- Explicativa quanto aos mecanismos de evolução do sistema;

A “base” é constituída pelas três primeiras etapas. A seguir, são descritas cada uma delas:

a. Delimitação do sistema e formulação do problema

A delimitação do sistema consiste na confecção de uma lista, a mais completa possível, das variáveis a serem consideradas, sejam estas quantificáveis ou não. O objetivo desta lista é obter uma visão global o mais completa possível do sistema que constitui o sistema estudado e o ambiente no qual se encontra. As variáveis devem ser apresentadas sob a forma de fichamento, a fim de possibilitar análise e descrição completas.

⁵ Vide <http://en.lapropectiva..>

Assim, chega-se a uma descrição bastante precisa do sistema. Para se chegar a este resultado, faz-se uso de métodos como *brainstorming*, entrevistas com especialistas, *check-lists*, entre outros. Estas variáveis devem ser divididas em dois grandes grupos:

- Variáveis internas: que caracterizam o fenômeno estudado;
- Variáveis externas: que caracterizam o ambiente explicativo geral do fenômeno estudado em relação a seus aspectos demográficos, políticos, econômicos, industriais, tecnológicos, sociais etc.

As oficinas de planejamento também podem ser utilizadas para se fazer uma análise interna da organização e evidenciar suas forças, dificuldades, desafios e oportunidades, de forma delimitar o sistema estudado e situar a análise prospectiva dentro de seu contexto sócio-organizacional, tendo em vista visualizar e simular o processo como um todo.

Assim, são definidos:

- *O objeto de estudo;*
- *A questão principal;*
- *A abrangência geográfica;*
- *O horizonte temporal.*

b. Análise Estrutural

• *Objetivo*

A análise estrutural permite estruturar as ideias obtidas por meio de uma reflexão coletiva. Com esta análise, descreve-se um sistema por meio de uma matriz que relaciona os componentes que o constituem. A partir da descrição do sistema, este método tem por objetivo evidenciar as principais variáveis influentes e dependentes e, a partir destas, quais são essenciais à evolução do sistema.

• *Fase 1: Listar as variáveis*

Nesta fase, são listadas todas as variáveis que caracterizam o sistema estudado e o ambiente que o envolve (variáveis internas e externas), buscando ser o mais abrangente possível e, inicialmente, não excluir nenhuma linha de investigação. A lista de variáveis precisa ser enriquecida com informações advindas de entrevistas não direcionadas com representantes dos atores do sistema.

O resultado final é uma lista de variáveis internas e externas, não excedendo o limite de 70 a 80 variáveis para uma modelagem feita ao máximo. Uma descrição detalhada de cada variável também é necessária, visando a próxima etapa, que é de descrever o relacionamento entre as variáveis. Assim, é preciso que a descrição da variável contenha:

- Definição precisa;
- Mudanças que tenham acontecido em seu comportamento;
- Informação sobre se a variável foi *pivot* em alguma evolução;
- Caracterização da situação atual;
- Indicar tendências e possíveis rupturas.

• ***Fase 2: Descrever o relacionamento entre variáveis***

Numa abordagem sistêmica, uma variável é definida por meio de seu relacionamento com outras variáveis. A análise estrutural tem por objetivo descobrir como se dá o relacionamento entre as variáveis, utilizando para isso uma matriz denominada *matriz de análise estrutural*.

O preenchimento da matriz deve ser qualitativo, a partir do questionamento de se há um relacionamento com influência direta entre a variável *i* e a *j*:

- 0: nenhuma influência;
- 1: baixa influência;
- 2: média influência;
- 3: alta influência;
- 4: altíssima influência.

Este preenchimento permite que se façam $n \times n-1$ perguntas, algumas das quais devem ter sido respondidas, se um processo de investigação sistemática foi feito.

Este processo de *questionamento* ajuda não só a evitar erros, mas também a organizar e classificar ideias, criando uma linguagem comum ao grupo de planejamento. O processo também auxilia na redefinição de variáveis, no sentido de tornar a análise do sistema mais acurado. Um preenchimento normal da matriz é em torno de 20%.

Antes de se concluir quanto à existência de uma relação entre duas variáveis, é recomendado se fazer sistematicamente três questões:

1. Existe de fato uma influência direta da variável *i* sobre a variável *j*, ou seria melhor descrever a relação dizendo que há influência da variável *j* sobre a *i* (Figura 3.2)?

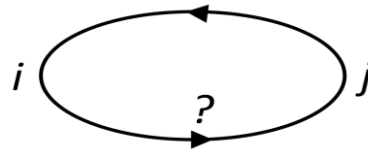


Figura 3.2 - Sentido de atuação da influência entre as variáveis i e j

Fonte: GODET, 2008

2. Existe de fato uma influência direta da variável i sobre a variável j , ou não haveria uma colinearidade entre as duas, ou seja, uma terceira variável k agindo sobre i e j (Figura 3.3)?

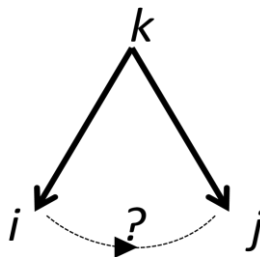


Figura 3.3 – Distinção entre influência direta e colinearidade

Fonte: GODET, 2008

3. A relação de i para j é mesmo direta, ou passaria pelo intermédio de uma variável r (Figura 3.4)?

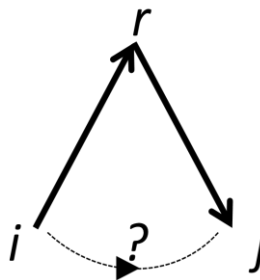


Figura 3.4 - Presença de variável intermediária a i e j

Fonte: GODET, 2008

- **Fase 3: Identificar as variáveis-chave**

Esta fase consiste em identificar as variáveis-chave, ou seja, aquelas essenciais ao desenvolvimento do sistema. Primeiro, é feita uma classificação direta e, posteriormente, uma classificação indireta. A classificação indireta é obtida por meio do aumento da potência da

matriz. Godet disponibiliza no site *La Prospective* o software **MICMAC** (*Matriz de impactos cruzados - multiplicação de referência aplicada a uma classificação*) para realizar esta fase.

O princípio utilizado pelo *software* apoia-se nas propriedades das matrizes booleanas. Se uma variável i influencia diretamente uma variável k e se k influencia diretamente uma variável j , tem-se o esquema a seguir, representado na Figura 3.5:

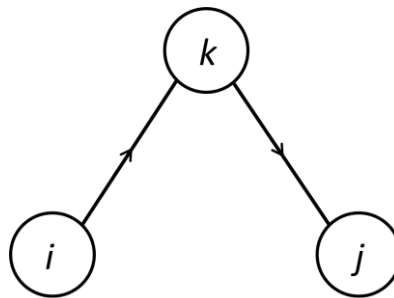


Figura 3.5 - Influência indireta da variável i sobre a variável j

Fonte: *GODET, 2008*

Neste caso, toda mudança que afete a variável i pode se repercutir em j . Há uma relação indireta entre i e j .

Na matriz de análise estrutural, existem várias relações do tipo $i \rightarrow j$ que a classificação direta não considera. No entanto, elevando-se a matriz ao quadrado, coloca-se em evidência as relações de segunda ordem entre i e j :

Assim:

$$\mathbf{A}^2 = \mathbf{A} \times \mathbf{A} = (a^{2ij}), \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Sendo que

$$a^{2ij} = \sum_k a_{ik} \cdot a_{kj} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Se a^{2ij} não for nulo, então existe ao menos um k de tal modo que $a_{ik} \times a_{kj} = 1$, ou seja, existe ao menos uma variável intermediária k tal que a variável i age sobre k ($a_{ik} = 1$) e que a variável k age sobre j ($a_{kj} = 1$). Diz-se então que há um caminho de segunda ordem que vai de i até j . Se $a^{2ij} = n$, diz-se que há N caminhos de comprimento 2, de i a j , que passam por n variáveis intermediárias.

Ao se calcular A^3 , A^4 , ..., A^n da mesma forma, obtém-se o número de caminhos de influência de ordem 3, 4, ..., n, ligando as variáveis entre eles.

Além das classificações direta e indireta, pode-se classificar também uma relação como *potencial*, usada para relações entre variáveis que atualmente são nulas ou desprezíveis, mas que poderiam adquirir maior importância com a evolução do sistema em direção ao horizonte de estudo.

Comparando a hierarquia das variáveis em várias classificações (direta, indireta e potencial), pode-se confirmar a importância de certas variáveis, mas também revelar variáveis que, devido a sua ação indireta, cumprem importante papel (ainda que não tenham sido identificadas na classificação direta).

Deve-se lembrar que a análise estrutural não é uma realidade, mas uma forma de se ver a realidade. Há, portanto, uma subjetividade na leitura e no relacionamento das variáveis.

Como resultado da análise da relação entre variáveis, o MICMAC produz um diagrama de influência-dependência para cada uma das análises: direta, indireta e potencial. O mapa é dividido em cinco setores, descritos a seguir e representados na Figura 3.6:

- Setor 1: variáveis muito influentes e pouco dependentes. São as variáveis explicativas que condicionam o resto do sistema;
- Setor 2: variáveis muito influentes e muito dependentes. São variáveis de ligação ou de desenvolvimento, instáveis por natureza. De fato, toda ação sobre estas variáveis terá repercussão sobre as outras e um *feedback* sobre si próprias, que podem ampliar ou reduzir o efeito inicial. Normalmente, neste setor estão as dimensões (*enjeux*, *domains*) do sistema estudado;
- Setor 3: variáveis pouco influentes e muito dependentes. São as variáveis-resultado, cujas evoluções são explicadas pelas evoluções das variáveis dos setores 1 e 2;
- Setor 4: variáveis pouco influentes e pouco dependentes (próximas à origem). Este grupo de variáveis reúne as tendências-pesadas ou fatores relativamente desconectados do sistema. Considera-se que estas variáveis não contribuem com fatores determinantes de futuro e pode-se excluí-las da análise;
- Setor 5: variáveis medianamente influentes e dependentes, sobre as quais não se pode inferir nenhum comportamento, *a priori*. São chamadas de *variáveis de pelotão*.

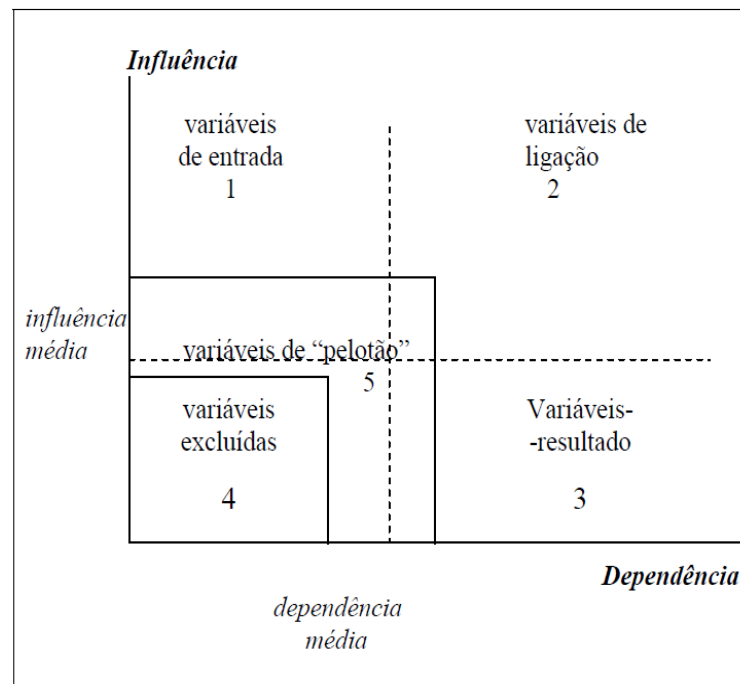


Figura 3.6 – Mapa de influências-dependências entre variáveis

Fonte: *GODET, 2008*

c. Análise da interação entre atores

- **Objetivo:**

Os atores nada mais são do que os agentes que participam de um sistema, ou seja, empresas, associações, instituições etc., que desempenham um papel na sua evolução e que interagem entre si e com o ambiente de diversas maneiras. Nesta etapa, analisa-se a divisão de poder entre os atores que controlam as variáveis-chave do sistema, bem como busca-se evidenciar as convergências e divergências em face dos principais interesses e objetivos do estudo. Para esta análise, são necessárias 7 fases, descritas a seguir, que podem ser conduzidas com apoio do *software* MACTOR, que apoia a avaliação das políticas de alianças e conflitos possíveis entre os atores.

- **Fase 1: Construir tabela de estratégias dos atores**

Esta tabela envolve os atores que controlam as variáveis geradas a partir da análise estrutural. A interação entre estes atores explica como poderão evoluir estas variáveis. A informação coletada sobre os atores é encaminhada da forma explicada a seguir, estando o número ideal de atores entre dez e vinte.

- Primeiro, é produzido um cartão de identificação para cada um dos atores, contendo: seus objetivos, metas, projetos em andamento e em elaboração (preferências), motivações, contingências e meio de ação interna (coerência), seu histórico de comportamento estratégico (atitude);
- Depois, finalmente, são examinados os meios de ação que os atores têm ao seu dispor para influenciar os demais, a fim de atingir seus objetivos.

- ***Fase 2: Identificar interesses estratégicos e objetivos associados***

Os relacionamentos dos atores dois a dois revelam, segundo suas metas, projetos e meios de ação, uma quantidade de interesses a partir das quais são esperados posicionamentos convergentes ou divergentes em relação a seus objetivos. Esta análise deve ser feita analisando as ações esperadas de um ator sobre outro e vice-versa e as ações anotadas.

- ***Fase 3: Posicionar atores em relação a objetivos e identificar convergências e divergências***

Nesta fase, a atitude de cada ator em relação a cada objetivo deve ser descrita em uma matriz *atores x objetivos*, indicado se há *acordo* (+1), *desacordo* (-1) ou *neutralidade* (0). De forma a fazer uma lista contendo as possíveis alianças e conflitos, o método fornece uma relação mostrando os objetivos em que os atores convergem ou divergem.

Primeiro, são feitos dois diagramas: convergências e suas possíveis divergências. Estes diagramas permitem visualizar os atores que tem convergência de interesses, o grau de liberdade aparente, identificar os atores mais ameaçados e analisar a estabilidade do sistema.

- ***Fase 4: Ranquear os objetivos de cada ator (posição valorada)***

Os diagramas construídos até aqui ainda são bastante elementares, uma vez que contemplam apenas o número de convergências e divergências dos objetivos dos atores. De forma a trazer o modelo mais próximo da realidade, é preciso levar em consideração a hierarquia de objetivos de cada ator. Uma escala específica é utilizada para avaliar a posição de cada ator.

- ***Fase 5: Avaliar o equilíbrio de poder entre os atores***

Por meio da análise dos meios de ação de cada ator, é construída uma tabela estratégica de atores, gerando uma *matriz de influência direta entre atores*. O MACTOR calcula o balanço de poder entre os atores. Para isso, leva em conta as ações diretas e indiretas (i.e. um ator que tem influência sobre outro por meio de um terceiro ator).

- ***Fase 6: Incorporar o balanço de poder à análise de convergências e divergências***

Para dizer que um ator tem duas vezes mais peso que outro no balanço de poder, implicitamente duplica o peso de envolvimento que lhe interessam. Assim, o objetivo desta fase é incorporar o balanço de poder de cada ator à intensidade de seus posicionamentos em relação aos objetivos.

Assim, novos diagramas de convergências e divergências podem ser obtidos. A comparação entre esses diagramas permite observar como conflitos e alianças em potencial pode se descaracterizar ao se tomar em conta a hierarquia de objetivos e o balanço de poder.

- ***Fase 7: Formular recomendações estratégicas e questões-chave para o futuro***

As possíveis alianças e conflitos entre atores evidenciados pelo método ajudam na formulação de questões prospectivas e recomendações estratégicas. Por exemplo: formular questões sobre a evolução de uma determinada parceria, sobre a ascensão ou queda de atores, ou sobre os papéis dos atores, dentre outras.

d. Análise Morfológica

- ***Objetivo:***

A análise morfológica⁶ busca explorar futuros possíveis de maneira sistemática, estudando todas as combinações resultantes da análise (*breakdown*) de um sistema. O objetivo da análise morfológica é destacar novos procedimentos e produtos em previsão tecnológica e construção de cenários. Embora não seja uma etapa obrigatória da metodologia, é uma importante ferramenta para ajudar a reduzir e focar o espaço morfológico (combinações possíveis), por meio da eliminação de configurações inviáveis tecnicamente. Para apoiar a execução desta etapa, Godet disponibiliza em seu site o *software* MORPHOL, que divide o processo em 2 fases:

- ***Fase 1: Construção de um espaço morfológico***

Nesta fase, o sistema ou função sob análise é desmembrado em subsistemas ou componentes. A escolha dos componentes é crítica e requer bastante dedicação mental, que pode ser baseada nos resultados da análise estrutural. Inicialmente, os componentes precisam ser os mais independentes possíveis. Precisam também representar todo o sistema.

⁶ Esta é a técnica mais antiga desta *caixa de ferramentas*, desenvolvida pelo pesquisador americano Fritz Zwicky durante a II GM, visando à obtenção de um pensamento mais eficiente.

Componentes em demasia atrapalham uma análise clara. Componentes de menos resultam numa análise simplificada demais. Há de se achar um termo em que se possa trabalhar. Cada componente pode estar em diversas configurações, por exemplo: um dado cenário pode ser caracterizado por uma configuração específica para cada um de seus componentes. Existem tantos cenários quantas forem as combinações possíveis de configurações. Essas combinações devem estar referidas ao campo de possibilidades, segundo a análise morfológica. Por exemplo, num sistema com 7 componentes, que pode assumir 3 ou 4 configurações, o número de combinações seria 2.916 ($3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 4$). Existe um risco do processo de planejamento ser tomado por uma enxurrada de combinações.

- ***Fase 2: Redução do espaço morfológico***

Algumas combinações e famílias de combinações são inviáveis devido a incompatibilidade entre configurações. Esta fase se destina a reduzir o espaço morfológico inicial a um espaço morfológico útil, por meio da introdução de fatores de exclusão ou seleção de critérios técnicos econômicos etc., deixando assim que as combinações relevantes sejam examinadas.

e. Impactos cruzados probabilísticos

- ***Objetivo:***

Os métodos de impactos cruzados probabilísticos buscam definir probabilidades simples e condicionais de hipóteses e/ou eventos, bem como as probabilidades de combinações destes últimos, levando em consideração as interações entre eventos e hipóteses.

O objetivo destes métodos é destacar os cenários mais plausíveis para os tomadores de decisão e também examinar combinações de hipóteses que tenham sido inicialmente excluídas.

- ***O método:***

Impactos cruzados é o termo genérico de uma família de técnicas que busca avaliar mudanças nas probabilidades de uma série de eventos baseando-se na ocorrência de um ou uma série destes eventos.

Como apoio à execução do método, Godet disponibiliza o *software* SMIC-PROB-EXPERT, que nos habilita a escolher dentre $2n$ configurações de hipóteses (imagens) em um sistema com n hipóteses, com base nos dados fornecidos pelos especialistas, aquelas que merecem um estudo mais aprofundado em termos de probabilidade de ocorrência. O *software* aponta os futuros mais prováveis, servindo como base para a construção de cenários.

Os chamados métodos de interações probabilísticas constituem-se em um progresso em relação ao Delphi, uma vez que apresentam a vantagem de considerar as interações entre os eventos. Contrariamente ao Delphi, o método apresentado considera a interdependência entre as questões levantadas e assegura a coerência das respostas. A operacionalização é simples e os resultados são, em geral, de fácil interpretação. Pode servir também para reavaliar, ao longo do tempo, as ideias recebidas.

- ***Fase 1: Formulação das hipóteses e escolha dos especialistas:***

Para iniciar uma pesquisa para a matriz de impactos cruzados, toma-se por base cinco ou seis hipóteses fundamentais e algumas hipóteses complementares. É difícil estudar o futuro de um sistema complexo com um número tão limitado de hipóteses. Por isso, a análise estrutural e as reflexões sobre estratégias dos atores são utilizadas, para melhor identificar as variáveis-chave e formular as hipóteses iniciais. Normalmente, se feita por via postal uma pesquisa leva cerca de um mês e meio, com uma taxa de retorno de resposta de cerca de 30%. Independentemente de seu título ou função, o especialista deve ser escolhido por sua capacidade de olhar para o futuro. O anonimato e a ausência de interação entre os especialistas permitem que se obtenha o ponto de vista de cada especialista e não um conjunto de ideias miscigenadas. Aos especialistas é solicitado:

- Avaliar, por probabilidade simples, a realização de uma hipótese com a ajuda de uma escala que vai de 1 (muito pouco provável) a 5 (muito provável);
- Avaliar, sob a forma de probabilidade condicional, a realização de uma hipótese em função da realização e da não realização de todas as outras.

Considerando todas as questões que o especialista deverá se fazer, ele é obrigado a revelar a coerência implícita ao seu raciocínio.

- ***Fase 2: Probabilidade de ocorrência dos cenários***

O *software* utilizado é um programa clássico de mínimos quadrados e permite analisar os dados brutos da seguinte maneira:

- Corrigindo a opinião dos especialistas de forma a obter resultados líquidos coerentes, isto é, satisfatórios segundo os axiomas clássicos de probabilidade;
- Relacionando uma probabilidade a cada 2^n combinações possíveis de n hipóteses.

Usando a média das probabilidades associadas a cada uma das imagens obtidas, pode-se determinar uma hierarquia entre elas e, conseqüentemente, quais são os cenários mais

prováveis. Recomenda-se escolher de três a quatro cenários, dentre os quais um seja o *de referência*, ou seja com alta probabilidade média e alguns sejam *contrastados*, ou seja, que tem baixa probabilidade média, mas que pela importância para a organização não deve ser desconsiderado. Por fim, os cenários são descritos: encaminhamento do presente às imagens finais e comportamento dos atores.

f. Avaliação das opções estratégicas

- **Objetivo:**

Trata-se da aplicação de um método multicritério, que tem como objetivo comparar diferentes ações ou soluções, de acordo com múltiplos critérios e políticas que devam ser aplicadas aos cenários de interesse. O *software* MULTIPOL permite a análise da evolução das diferentes ações e soluções disponíveis para o tomador de decisão, por meio da representação em um painel. O MULTIPOL contempla as fases clássicas de um método multicritério:

- Listagem das ações possíveis;
- Análise das consequências;
- Desenvolvimento dos critérios;
- Avaliação das ações;
- Definição de políticas e classificação das ações.

Cada ação deve ser avaliada segundo cada critério, o que é feito por meio de uma escala simples. Esta avaliação é obtida por meio de questionários ou reuniões com especialistas, sendo a busca pelo consenso necessária. A avaliação das ações não é efetuada de maneira uniforme: é preciso levar em consideração os diferentes contextos ligados ao objetivo do estudo. Uma política é um jogo de pesos aplicado aos critérios que traduzem um de seus contextos. Assim, estes jogos de pesos de critérios podem corresponder aos diferentes sistemas de valor dos atores envolvidos nas decisões, às opções estratégicas ainda em curso, ou ainda, aos cenários múltiplos e às avaliações que incluem o fator tempo. Na prática, os especialistas repartem para cada política um peso dado sobre o conjunto de critérios.

Para cada política, o *software* atribui uma pontuação média às ações. Assim, monta-se uma tabela comparativa dos perfis das classificações em função das ações políticas. As incertezas referentes às hipóteses são tratadas por meio de um diagrama de estabilidade das classificações, a partir da média e da distância entre as pontuações médias obtidas por cada política.

Assim, pode-se testar a robustez dos resultados de cada ação. Há especial interesse pelas ações que tiveram uma média alta, mas uma grande diferença típica no painel de pontuações: isto as torna consideravelmente arriscadas. No entanto, em todos os métodos multicritério deve-se ter em mente que se o objetivo for elaborar um plano a partir de várias ações, pode haver dificuldades para serem considerados os efeitos de sinergias, incompatibilidades e redundâncias entre as ações escolhidas.

3.4. O Módulo de Previsão de Vendas

Para estimar o volume de vendas para o horizonte do PNE 2030, é utilizado o cenário B1, que é o que contempla em suas projeções de demanda uma parcela intrínseca de economia definida como Progresso Autônomo. Além disso, segundo o PNE, este é o cenário mais provável. A Figura 3.7 fornece um esquema geral da metodologia proposta.

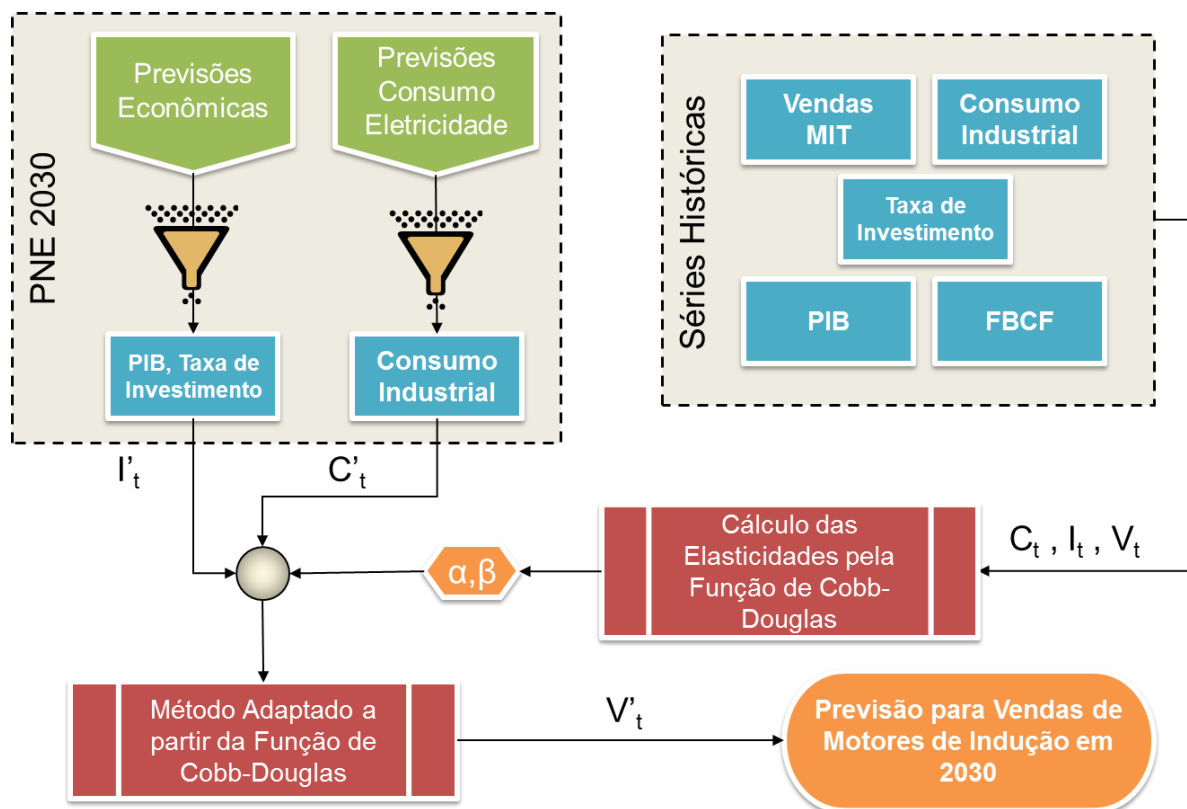


Figura 3.7 – Diagrama esquemático do Módulo de Previsão de Vendas

As projeções do consumo de energia elétrica na indústria e da taxa de investimento até o ano 2030 são estimadas pelo PNE. As séries históricas foram feitas em consulta a dados fornecidos pelo IBGE, FIPE e ABINEE.

Variáveis e Séries Históricas

A Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) é um importante indicador econômico de produção industrial. Segundo informado na página da internet do IBGE, mede o quanto as empresas aumentaram os seus bens de capital, ou seja, aqueles bens que servem para produzir outros bens. São basicamente máquinas, equipamentos, veículos e edificações. Ele é importante porque indica se a capacidade de produção do país está crescendo e também se os empresários estão confiantes no futuro. A FBCF é calculada trimestralmente pelo IBGE.

Presente dentre as projeções realizadas no PNE 2030, está a "taxa de investimento", que representa a relação entre o PIB e a FBCF. Assim, nos cenários apresentados no PNE, é possível verificar o quanto se estima que as empresas estejam investindo em bens de capital, como por exemplo, motores elétricos.

Segundo De Castro e Rosental⁷, do ponto de vista conceitual, a elasticidade renda da demanda de energia elétrica mostra podem ser compreendidas como a quantidade de energia elétrica é necessária para suportar cada 1% a mais de PIB. Isto porque a oferta de energia elétrica é uma variável dependente, função do PIB, ou seja, é o crescimento do PIB que determina uma maior ou menor demanda de energia elétrica. Assim quanto maior o crescimento do PIB, mais energia elétrica é consumida e, conseqüentemente, maior será a necessidade de capacidade instalada para atender a demanda.

Conforme pode ser visto em Irfi *et alii* (2009)⁸, uma série de outros fatores correlacionados ao consumo podem ser equacionados conjuntamente para se calcular suas elasticidades em relação à demanda de energia elétrica, tal como tarifas de energia, preço de máquinas e equipamentos, preço de bens substitutos e renda setorial.

O Modelo de Cobb-Douglas

O modelo apresentado por Charles Cobb e Paul Douglas (1928), também conhecido como *modelo Cobb-Douglas* ou "função de demanda derivada", é amplamente utilizado para cálculo de elasticidade do consumo em função de outras variáveis com as quais haja correlação. Assim, a função de demanda derivada por consumo de energia elétrica na

⁷ DE CASTRO, N.J., ROSENTAL, R., *Informativo Eletrônico do Setor Elétrico*, GESEL/UFRJ, 2008.

⁸ IRFI *et Alii*, *Economia Aplicada*, v.13, pp.69-98, 2009.

indústria e seus respectivos fatores correlacionados, conforme interesse do estudo apresentado nesta dissertação⁹, é representada pela Equação 3.3:

$$C_t = KI_t^\alpha V_t^\beta \quad (\text{Eq. 3.3})$$

Onde:

C_t → consumo de energia elétrica na indústria;

I_t → formação bruta de capital fixo (investimento na indústria);

V_t → vendas anuais de motores de indução trifásicos;

α → elasticidade do consumo em relação às vendas;

β → elasticidade do consumo em relação à FBCF;

K → é uma constante.

Manipulando algebricamente a equação 6.1 pode-se chegar a facilmente a equação 3.4.

$$\ln C_t = \ln K + \alpha \ln I_t + \beta \ln V_t \quad (\text{Eq. 3.4})$$

Para calcular a constante K e as elasticidades de renda e de preço, aplica-se a pseudo-inversa de Gauss. Nesse sentido, a equação 3.5 mostra a fórmula matricial do sistema obtido a partir de cada tempo t empregado na equação 3.4.

$$\begin{bmatrix} K \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T \begin{bmatrix} \ln C_{t_1} \\ \ln C_{t_2} \\ \ln C_{t_3} \\ \vdots \\ \ln C_{t_n} \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 3.5})$$

Onde a matriz A tem em seus elementos a tarifa de energia elétrica e a renda média anual da classe estudada (por exemplo, o PIB setorial, no caso da indústria), conforme a Equação 3.6:

⁹ Originalmente, a variável *Consumo* (C_t) foi descrita por Chales Cobb e Paul Douglas (1928) em função dos seguintes parâmetros: tarifa de energia elétrica (X_t); rendimento da classe (Y_t); elasticidade-preço (α); elasticidade-renda (β).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \ln I_{t_1} & \ln V_{t_1} \\ 1 & \ln I_{t_2} & \ln V_{t_2} \\ 1 & \ln I_{t_3} & \ln V_{t_3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \ln I_{t_n} & \ln V_{t_n} \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 3.6})$$

Assim, a primeira parte da metodologia consiste em obter as elasticidades α e β , com base nas séries históricas indicadas na Figura 3.7 e no modelo de *Cobb-Douglas*. Em seguida, de posse de α e β , são utilizadas as projeções do Cenário B1 do PNE para o PIB, taxa de investimento e consumo de energia elétrica na indústria, a fim de calcular uma projeção para as vendas de motores até 2030.

3.5. O Módulo de Economia de Energia

Este módulo se baseia na metodologia de avaliação de resultados do Selo Procel para motores de indução (NOGUEIRA *et alii*, 2009; 2010), cuja linha de base é constituída por um mercado fictício, composto unicamente por motores sem o Selo Procel. Um mercado “real” é estimado com uma composição de parte do parque com Selo e outra parte sem o Selo. Por fim, a terceira hipótese de composição do parque é referente a um mercado fictício potencial para o Selo Procel, onde todos os equipamentos instalados no país possuem o Selo.

Com relação ao cálculo da economia de energia, conforme pode ser verificado na Figura 3.8, estima-se anualmente a quantidade de modelos vendidos com o Selo para obter a “economia observada”, conforme apresentado no gráfico. Na hipótese de que todos os equipamentos do parque de motores passassem a ter o Selo, atinge-se a “economia potencial”. No entanto, como isso não se verifica, na prática, a cada ano resta ainda uma “economia ainda possível”.

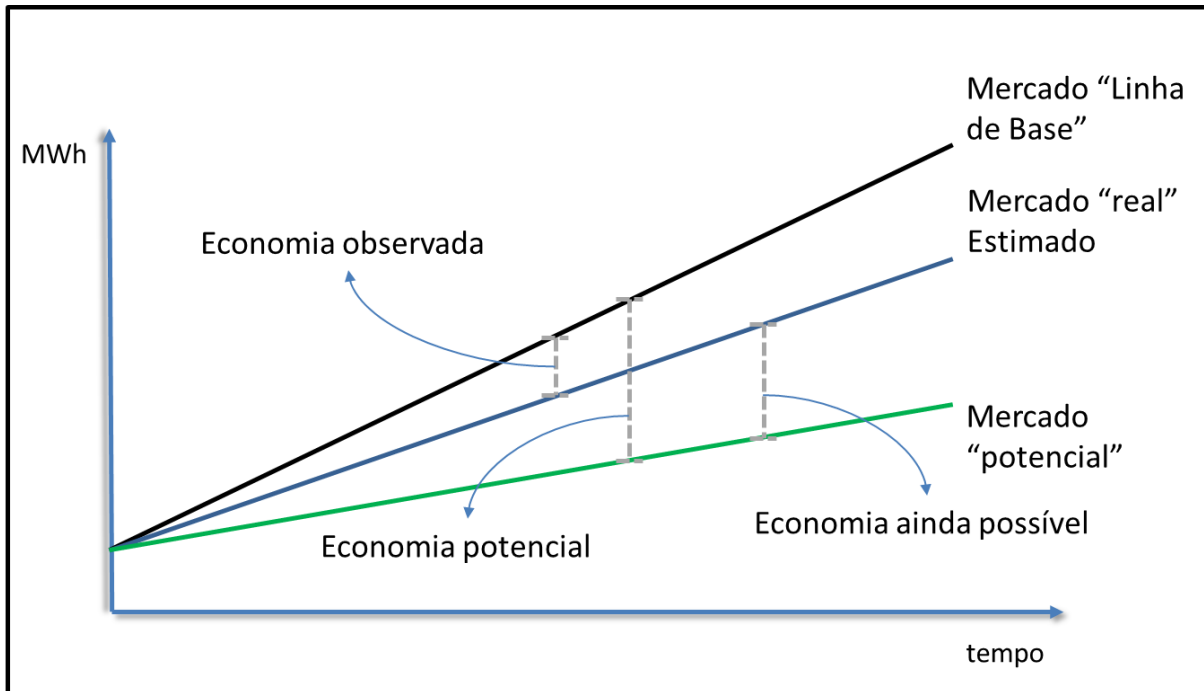


Figura 3.8 – Estimativa de economia de energia a partir de uma linha de base

Fonte: Adaptado a partir de Nogueira et alii, 2009.

A metodologia apresentada nesta dissertação baseia-se neste modelo para projetar uma linha de base para o consumo de motores de indução trifásicos segundo cenários do PNE, acrescentando referências aos conceitos de economia autônoma e induzida. Desta forma, procura-se dar foco aos resultados provenientes da implementação de novas políticas e ações, o que torna esta abordagem ao problema ideal para fins de planejamento.

O consumo médio unitário de um motor, segundo a metodologia de avaliação do Procel, é dado por:

$$ce_i = \frac{P_{ot} \cdot T \cdot F D_i \cdot F_c}{\eta_{ik} \cdot FR} \quad (\text{Eq. 3.7})$$

Onde¹⁰:

P_{ot} → Potência Nominal;

η → Eficiência do motor;

¹⁰ Nesta formulação, é válido definir alguns parâmetros menos usuais: (1) o fator de carregamento corresponde à relação entre a potência média de operação do motor e a potência nominal; (2) o fator de relação de η corresponde à relação entre o rendimento de operação e o rendimento nominal; e (3) O fator de degradação atribui perdas no rendimento com o passar da idade dos motores. Os dois primeiros foram obtidos por pesquisas de campo realizadas por Schaeffer *et alii* (2005) e o terceiro deduzido a partir de Nadel *et alii* (2002) e Andreas (1992).

T → Tempo de operação;

F_c → Fator de carregamento;

FR → Fator de relação de η ;

FD → Fator de degradação.

Também é necessário dosar a quantidade de produtos que entram no mercado com selo e sem selo, segundo estimativa de vendas considerada a cada ano.

Portanto, esta projeção de vendas baseia-se em projeções técnico-econômicas do cenário B1 do PNE. A divisão da estimativa total de motores vendidos em cada faixa de potência é considerada a mesma do histórico divulgado pela ABINEE até 2006.

Assim, partindo-se da premissa de que a linha de base desta metodologia é o próprio consumo do setor industrial, que já contempla a economia autônoma, propõe-se que esta projeção de vendas calculada seja utilizada uma “variável de ajuste” em estudos de planejamento com técnicas de cenários, visando explorar o desenvolvimento de possíveis ações e políticas voltadas à eficiência energética de motores de indução trifásicos. Se estas políticas e ações forem traçadas para aumentar a eficiência energética no uso de motores, seja por meio do aumento dos rendimentos ou da otimização no uso, ou ainda, para gerar incentivos à adoção dos equipamentos com maior eficiência, obtém-se então uma economia de energia induzida, ou seja, resultante de Progresso Induzido.

Para exemplificar, a Figura 3.9 apresenta a situação em que cenários denominados “X” tenham sido desenvolvidos, propondo uma sequência de novas políticas e ações de eficiência energética de forma a aproximar o *mercado real* do *mercado potencial*. Para se calcular a economia induzida, procede-se da seguinte forma:

$$EE_{\text{Induz,mot}} = C_{\text{LB}} - C_{\text{CEN}} \quad (\text{Eq. 3.8})$$

Onde:

$EE_{\text{Induz,mot}}$ → economia induzida, atribuída a motores de indução trifásicos;

C_{LB} → consumo de linha de base do setor industrial;

C_{CEN} → consumo do setor industrial no Cenário X, considerando-se ações voltadas a motores de indução trifásicos;

O consumo C_{CEN} pode vir a ser menor por uma série de eventos ou fatores, que serão determinados ao se estudar as possibilidades de ocorrência de um determinado cenário: ajuste na faixa de corte de eficiência mínima, entrada de equipamentos mais eficientes, políticas de incentivo à troca de motores antigos, políticas educacionais para treinamento de técnicos, programa de marketing para os equipamentos mais eficientes, políticas de melhoria nas bases de dados etc.

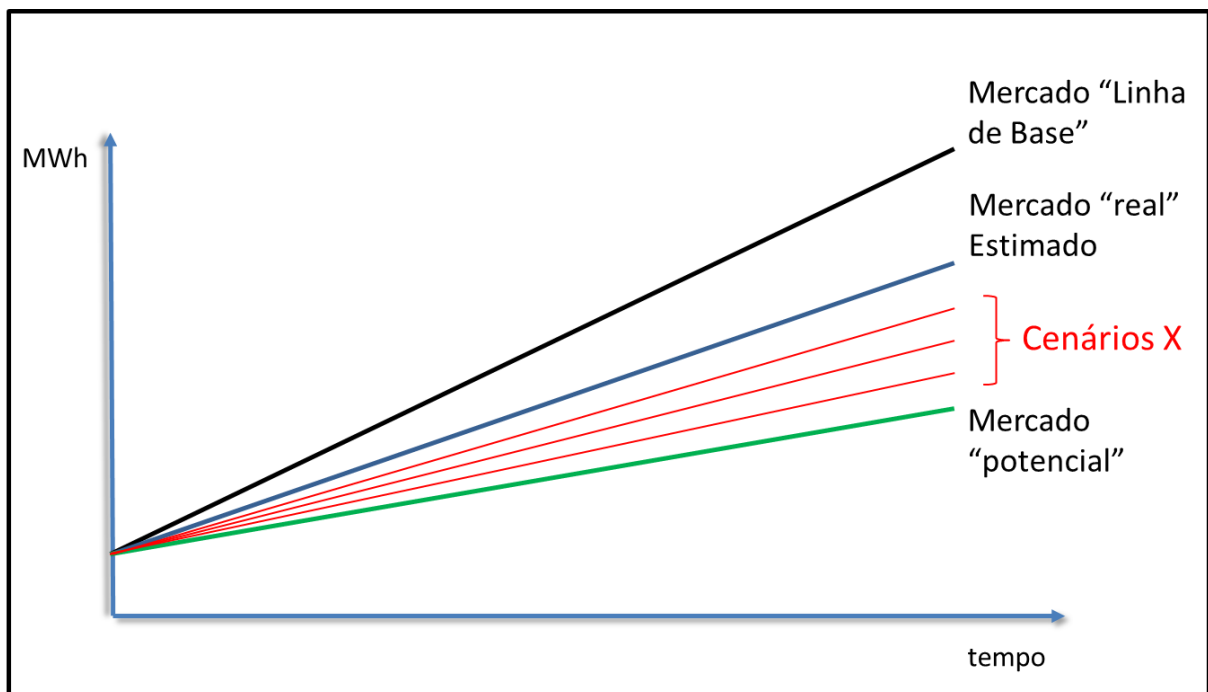


Figura 3.9 - Cálculo da economia induzida em um cenário

Fonte: Adaptado a partir de Nogueira et alii (2009; 2010).

3.6. Considerações Finais

Foi apresentada neste capítulo a metodologia utilizada nesta dissertação, que é constituída por três módulos: 1) Módulo de cenários; 2) Módulo de economia de energia; e 3) Módulo de previsão de vendas. Foram apresentadas também as teorias para o desenvolvimento de cada um destes módulos, a ser realizado no capítulo seguinte com a introdução dos dados.

4. Desenvolvimento dos Cenários

4.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo são desenvolvidos os cenários prospectivos para a eficiência energética em motores de indução trifásicos na indústria com a utilização da metodologia desenvolvida por Michel Godet, apresentada no capítulo anterior. Como referencial teórico para o desenvolvimento deste capítulo, foram utilizadas a obra mais recente de Godet (2008) e as informações disponibilizadas no *site* da *internet* <http://en.lapropective.fr>, onde também podem ser adquiridas gratuitamente as ferramentas computacionais que foram utilizadas para processar os dados: os *softwares* MICMAC, MACTOR e SMIC-PROB-EXPERT.

Os dados utilizados no desenvolvimento dos cenários são provenientes de oficinas de planejamento estratégico realizadas para o Procel em 2011 e de entrevistas específicas para o sistema estudado, realizadas durante a produção desta dissertação. O fluxograma da Figura 4.1 resume as etapas, métodos, ferramentas utilizadas para o desenvolvimento dos cenários:

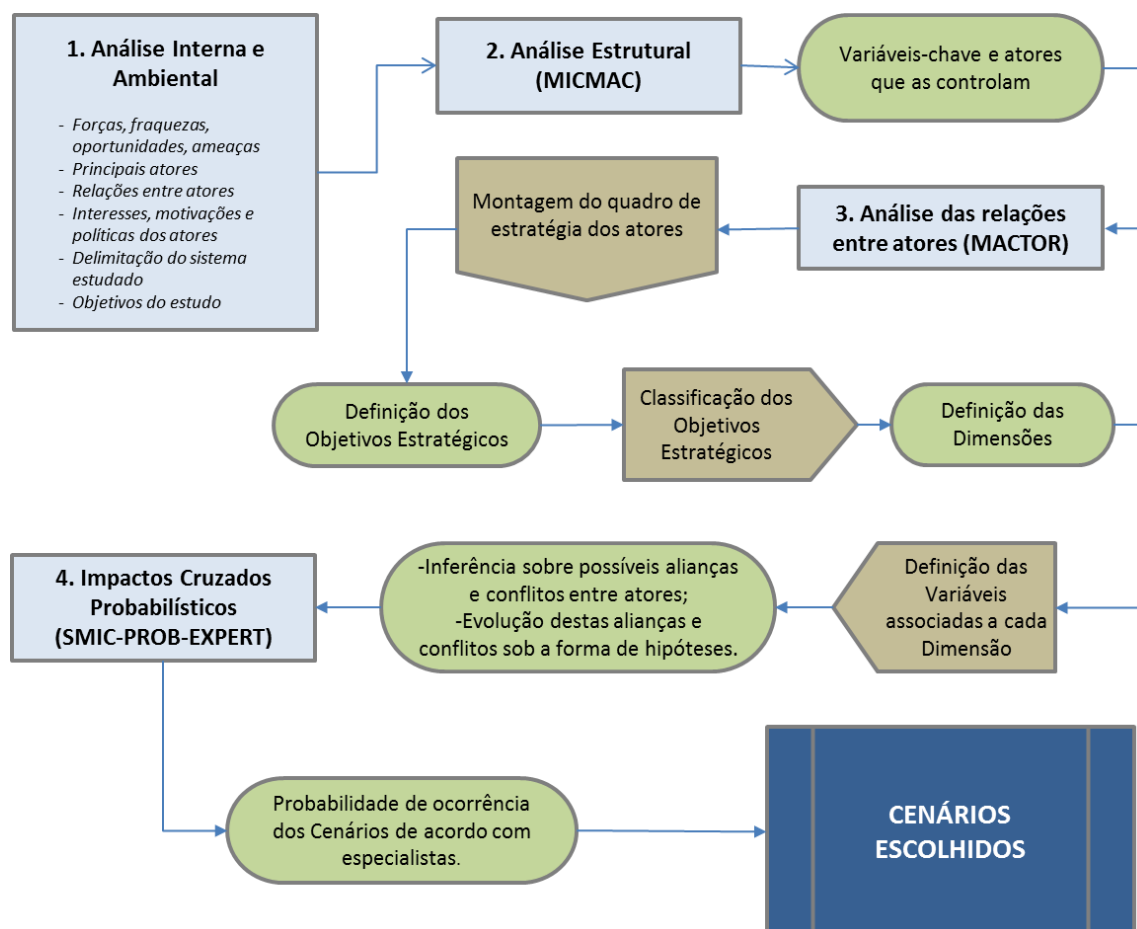


Figura 4.1 – Desenvolvimento dos cenários passo-a-passo

Deve-se ressaltar que os cenários desenvolvidos neste capítulo estão inseridos dentro de uma perspectiva maior que são os resultados do PNE 2030. Portanto, uma série de fatores como o cenário macroeconômico e a evolução do mercado de energia elétrica na indústria são considerados aqueles apresentados no cenário de interesse, que é o cenário B1 do PNE 2030.

4.2. Delimitação do Sistema e Formulação do Problema

Para a aplicação específica do método de cenários nesta dissertação, são utilizados os dados obtidos nas oficinas de planejamento estratégico do Procel, realizadas em 2011, que aborda aspectos gerais do Programa e da eficiência energética no país. As oficinas contaram com a presença de integrantes da Eletrobras e do Procel e foram conduzidas por consultoria especializada.

Neste processo de planejamento, cujo relatório final foi denominado Plano de Otimização do Procel (ELETROBRAS, 2011), foram também utilizados os extratos de entrevistas realizadas em 2004 para estruturação do Centro de Informações Brasileiro de Eficiência Energética – CIBEE. Foi utilizada a metodologia de entrevistas em profundidade com a aplicação de um questionário estruturado, contemplando o pensamento de representantes de importantes organizações dentro do ambiente em que se insere o Procel, tal como MME, MCT, MMA, Inmetro, Fiesp, Sebrae, Abesco, Vita Lux, Servitec, Abilux, Abinee, Ibam, INT, INEE, Universidades, Rio Luz, Sindratar.

Por meio das oficinas, foram definidos aspectos empresariais, ambientais e de mercado que permitem definir as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades que caracterizam internamente o Procel e seu ambiente. Foram também analisadas as ações e objetivos dos principais agentes do sistema estudado, bem como classificadas as relações entre eles.

Ainda, foram acrescentados informações e estudos internos referentes às ações de eficiência energética para motores de indução trifásicos. Dessa forma, foi possível definir:

- **O objeto de estudo:** eficiência energética em MIT utilizados na indústria.
- **A questão principal:** que ações, políticas e alianças podem ser induzidas ou apoiadas pelo Procel, a fim de potencializar a economia de energia em motores de indução trifásicos na indústria?
- **O horizonte temporal:** 2030 (cf. PNE 2030, MME, 2008)
- **A abrangência geográfica:** Brasil

4.3. Análise Estrutural

A partir das variáveis identificadas nas oficinas de planejamento estratégico, retém-se todas as que podem ter relação com o tema estudado. Conforme, orientação de Godet para esta primeira fase da análise estrutural, deve-se buscar ser o mais extensivo possível. É preciso também ser detalhista na descrição de cada uma das variáveis, a fim de que a compreensão do significado de cada uma delas tenha o máximo de compartilhamento entre as partes envolvidas no estudo prospectivo e que esta compreensão possa ser lembrada a qualquer tempo. A Tabela 4.1 mostra as variáveis recenseadas a partir do resultado das oficinas:

Tabela 4.1 – Variáveis consideradas no estudo e suas descrições

| Nº | Variáveis | Mnemônico | Descrição | Tipo da Variável |
|-----------|--|------------------|---|-------------------------|
| 1 | Novos MEPS para motores | MEP | Novos níveis de performance da EE em motores. | Interna |
| 2 | Parceria com ESCOS | Parc ESCO | Facilidade de relacionamento com ESCOS. | Interna |
| 3 | Parceria com Indústrias | Parc Ind | Facilidade de relacionamento com indústrias. | Interna |
| 4 | Parceria com Inmetro (certificador) | Parc Inm | Facilidade de relacionamento com Inmetro. | Interna |
| 5 | Parceria com Inst. Financeiras | Parc Finan | Facilidade de relacionamento com instituições financeiras. | Interna |
| 6 | Parceria com Laboratórios | Parc Lab | Facilidade de relacionamento com laboratórios. | Interna |
| 7 | Parceria com MMA | Parc MMA | Facilidade de relacionamento com MMA. | Interna |
| 8 | Parceria com MPEs | Parc MPE | Facilidade de relacionamento com MPEs. | Interna |
| 9 | Parceria com Órgãos de Fomento | Parc Fomen | Facilidade de relacionamento com órgãos de fomento. | Interna |
| 10 | Pesquisas em tecnologia de motores | Pesq mot | Número de pesquisas voltadas ao desenvolvimento tecnológico de motores. | Interna |
| 11 | Pesquisas sobre hábitos de uso de motores | Pesq habt | Conhecimento dos hábitos de uso de motores nas indústrias. | Interna |
| 12 | Política fiscal para EE | PolFiscEE | Política de incentivos do governo para viabilizar ações de EE. | Interna |
| 13 | Programa de troca de motores na indústria | PgmTrocMOT | Programa de troca de motores na indústria por motores mais eficientes com recursos do PEE Aneel ou outro existente. | Interna |
| 14 | Programa hábitos pró EE na indústria | PgmHabInd | Programa de incentivo ao uso das melhores práticas para EE em motores. | Interna |
| 15 | Independência político-operacional do Procel | AutonProce | Capacidade do Programa em resistir a interferências de origem política, de forma a causar impacto nas ações em andamento. | Programa |

Tabela 4.1 – Variáveis consideradas no estudo e suas descrições (continuação)

| Nº | Variáveis | Mnemônico | Descrição | Tipo da Variável |
|-----------|---|------------------|--|-------------------------|
| 16 | Capacitação interna do Procel | CapacProce | Capacidade desenvolvida pela equipe mantenedora do Procel, por meio de treinamento ou recrutamento, para lidar com as questões que envolvem a EE. | Programa |
| 17 | Capilaridade do mantenedor | CapilaELB | Capilaridade política e institucional que permite ao mantenedor do Procel promover Políticas Públicas, por meio da interação com agentes do setor. | Programa |
| 18 | Continuidade dos projetos EE do Procel | ContinProj | Aproveitar raciocínios e projetos iniciados nas gestões anteriores, de forma a garantir o retorno previsto para os investimentos. Esta característica pode ser adquirida por meio de uma norma que determine a avaliação transparente de projetos e defina sobre sua continuidade nas mudanças de comando do mantenedor do Procel. | Programa |
| 19 | Disponibilidade de recursos financeiros | RecFinam | Quantidade de opções disponíveis para o custeio das atividades, investimentos e infraestrutura, que pode ser obtido com recursos do mantenedor, financiamentos, prestação de serviços etc, de forma a garantir a continuidade das atividades. | Programa |
| 20 | Gestão do conhecimento em EE | GConhecEE | Organização e planejamento da produção de conhecimento em EE e dos resultados alcançados pelo Procel. | Programa |
| 21 | Indução do mercado de EE | InduMercEE | Atividade do governo, realizada por meio de legislação e incentivos fiscais, destinadas à implantação de um ambiente propício para produtos e serviços de EE no mercado. | Programa |
| 22 | Integração entre atores | IntgAtores | Relacionamento entre agentes de um determinado mercado, resultando em dinamismo, efetividade, comunicação etc. | Programa |
| 23 | Integração Procel / ELB | IntProcELB | Capacidade do programa em estar inserido no core business do mantenedor. | Programa |
| 24 | Interesse do Governo | InteresGOV | Prioridade que o governo estabelece para a EE frente a outros assuntos do setor energético. | Programa |
| 25 | Legislação para EE | LegisEE | Apoio legal de incentivo e promoção à EE. | Programa |
| 26 | Marketing | Mkt | Ferramenta para fortalecimento das ações de EE, por meio da promoção das marcas envolvidas (ELB / Procel) e dos resultados alcançados, como forma de incentivar o interesse dos atores em atuar com EE. | Programa |
| 27 | Parceria com MME | Parc MME | Facilidade de relacionamento com MME. | Programa |

Tabela 4.1 – Variáveis consideradas no estudo e suas descrições (continuação)

| Nº | Variáveis | Mnemônico | Descrição | Tipo da Variável |
|-----------|---|------------------|--|-------------------------|
| 28 | Parceria com Petrobras | Parc BR | Facilidade de relacionamento com Petrobras. | Programa |
| 29 | Planejamento estratégico (MME) para EE | Planej EE | Direcionamento das ações do MME visando maior participação da EE na estratégia do setor. | Programa |
| 30 | Posicionamento estratégico da ELB no setor elétrico | PosicELB | Forma como o mantenedor do Procel se posiciona no mercado de eletricidade. | Programa |
| 31 | Reconhecimento do Procel | ReconPROCE | Reconhecimento do Procel como referência em EE pela sociedade, resultando em centralização do poder de influência no setor de EE, como resposta a suas políticas, resultados e gestão. | Programa |
| 32 | Reputação do Procel como difusor de EE | DifusPROCE | Reconhecimento da sociedade pela gestão do Portal Procel Info. | Programa |
| 33 | Sensibilização para a economia de energia | SensSocEE | Conhecimento que a sociedade tem dos benefícios financeiros, ambientais e de imagem trazidos pela EE. | Programa |
| 34 | Visibilidade da EE para a sociedade | Visib EE | Divulgação efetiva dos resultados da EE para a sociedade. | Programa |
| 35 | Volume do acervo técnico EE | AcTecEE | Geração de conhecimento para aplicação prática em projetos de EE, com metodologia registrada em livros, manuais, periódicos etc. | Programa |
| 36 | Atratividade do investimento | AtratINVST | Relação benefício-custo das ações de EE, considerando valor de mercado dos projetos, custo da implementação e incentivos fiscais. | Mercado |
| 37 | Benefício ambiental da EE | BenefAMB | Impacto positivo trazido ao meio ambiente por uma ação de EE. | Mercado |
| 38 | Benefício social da EE | BenefSOC | Impacto positivo trazido para a sociedade por uma ação de EE. | Mercado |
| 39 | Capacitação técnica do mercado | CapTecMerc | Grau de competência na implementação das técnicas contidas nas ações de EE. | Mercado |
| 40 | Disponibilidade de informações sobre EE | DisplInfoEE | Percepção da sociedade da disponibilidade de fontes de informação relevantes sobre EE. | Mercado |
| 41 | Interesse das concessionárias pela EE | IntersConc | Percepção que as concessionárias tem da eficiência energética, se é apenas uma "perda de receita" ou uma oportunidade. | Mercado |
| 42 | Potencial de EE do país | Pot EE | Distância entre o estágio atual de EE e a quele que pode ser alcançado. | Mercado |
| 43 | Racionamento | Raciona | Ponto extremo da necessidade de economizar energia, que pode gerar desabastecimento, se não obedecido. | Mercado |
| 44 | Tarifa energia elétrica | TarifaElet | Situação que aumenta o foco dos consumidores para a EE, devido à valorização do retorno de investimentos feitos em EE. | Mercado |

Tabela 4.1 – Variáveis consideradas no estudo e suas descrições (continuação)

| Nº | Variáveis | Mnemônico | Descrição | Tipo da Variável |
|-----------|---|------------------|---|-------------------------|
| 45 | Volume de ações efetivas em EE | QtdAçõesEE | Quantidade e tipos de ações que visam suplantar barreiras e implementar de um mercado de EE. | Mercado |
| 46 | PIB | PIB | Produto interno bruto - seu crescimento pode demandar maior ênfase na EE, como forma de proporcionar o atendimento à demanda. | Mercado |
| 47 | Percepção geral das mudanças climáticas | PercepClim | Crescimento do consenso e importância dados às mudanças climáticas, a ponto de dar maior peso aos compromissos ambientais firmados entre as nações. | Mercado |

Terminada a fase 1, a próxima tarefa é descrever o relacionamento entre as variáveis por meio de uma matriz quadrada. Lembrando o que foi apresentado no Capítulo 3, o preenchimento da matriz deve ser qualitativo, a partir do questionamento de se há um relacionamento com influência direta entre a variável i e a j , conforme mostrado na Figura 4.2.

- *0: nenhuma influência;*
- *1: baixa influência;*
- *2: média influência;*
- *3: alta influência;*
- *P: influência potencial.*

| | 1 : MEP | 2 : Parc ESCO | 3 : Parc Ind | 4 : Parc Inm | 5 : Parc Finan | 6 : Parc Lab | 7 : Parc MMA | 8 : Parc MPE | 9 : Parc Fomen | 10 : Pesq mot | 11 : Pesq habt | 12 : PolFiscEE | 13 : PgmTrocMOT | 14 : PgmHabInd | 15 : AutonProce | 16 : CapacProce | 17 : CapilaELB | 18 : ContinProj | 19 : RecFinan | 20 : GConhecEE | 21 : InduMercEE | 22 : IntgAtores | 23 : IntProcELB | 24 : InteresGOV | |
|-----------------|---------|---------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 1 : MEP | 0 | P | 1 | 3 | P | 3 | 0 | P | P | 3 | P | P | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| 2 : Parc ESCO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | |
| 3 : Parc Ind | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | P | |
| 4 : Parc Inm | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | P | 0 | 1 | 1 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | |
| 5 : Parc Finan | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 0 | P | 1 | P | 0 | |
| 6 : Parc Lab | P | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| 7 : Parc MMA | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | P | P | P | |
| 8 : Parc MPE | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | P | |
| 9 : Parc Fomen | 0 | P | 0 | P | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 10 : Pesq mot | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | P | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 11 : Pesq habt | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | P | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12 : PolFiscEE | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | P | 3 | |
| 13 : PgmTrocMOT | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | |
| 14 : PgmHabInd | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | |
| 15 : AutonProce | 0 | P | P | 1 | P | P | P | P | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | |
| 16 : CapacProce | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| 17 : CapilaELB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 : ContinProj | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | | |
| 19 : RecFinan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | |
| 20 : GConhecEE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 2 | 0 | 0 | |
| 21 : InduMercEE | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | |
| 22 : IntgAtores | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | P | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| 23 : IntProcELB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| 24 : InteresGOV | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | |
| 25 : LegisEE | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| 26 : Mkt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| 27 : Parc MME | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 28 : Parc BR | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | |
| 29 : Planej EE | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 2 | |
| 30 : PosicELB | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | |
| 31 : ReconPROCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | |
| 32 : DifusPROCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | |
| 33 : SensiSocEE | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | |
| 34 : VisibEE | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | |
| 35 : AcTecEE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 36 : AtratINVST | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| 37 : BenefAMB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | |
| 38 : BenefSOC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | |
| 39 : CapTecMerc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 40 : DispInfoEE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | |
| 41 : IntersConc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| 42 : Pot EE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 43 : Raciona | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | |
| 44 : TarifaElet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 45 : QtdAçõesEE | 0 | 3 | 3 | P | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | P | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | |
| 46 : PIB | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 47 : PercepClim | P | P | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | P | 0 | P | P | 3 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | P | 0 | |

© LIPSOR-EPTA-MCMAC

Figura 4.2 – Matriz de influência entre as variáveis do sistema estudado

| | 25 : LegisEE | 26 : Mkt | 27 : Parc MME | 28 : Parc BR | 29 : Planej EE | 30 : PosicELB | 31 : ReconPROCE | 32 : DifusPROCE | 33 : SensiSocEE | 34 : VisibEE | 35 : AcTecEE | 36 : AtratINVST | 37 : BenefAMB | 38 : BenefSOC | 39 : CapTecMerc | 40 : DispInfoEE | 41 : IntersConc | 42 : Pot EE | 43 : Raciona | 44 : TarifaElet | 45 : QtdAçõesEE | 46 : PIB | 47 : PercepClim |
|-----------------|--------------|----------|---------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|
| 1 : MEP | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | P | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 2 : Parc ESCO | 0 | P | 0 | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 1 | 0 |
| 3 : Parc Ind | P | P | P | 0 | P | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | P | P | 0 | P | 3 | 1 | 0 |
| 4 : Parc Inm | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 5 : Parc Finan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 1 | 0 |
| 6 : Parc Lab | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | P | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 : Parc MMA | P | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 8 : Parc MPE | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 1 | 0 |
| 9 : Parc Fomen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 10 : Pesq mot | 0 | 1 | P | P | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 |
| 11 : Pesq habt | 0 | 1 | P | P | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | P | 0 | 0 |
| 12 : PolFiscEE | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | P | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 13 : PgmTrocMOT | 0 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | P | 2 | P | 0 | 0 | P | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 14 : PgmHabInd | P | P | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 15 : AutonProce | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 : CapacProce | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 : CapilaELB | 0 | P | 0 | 0 | P | P | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 |
| 18 : ContinProj | 0 | 3 | P | 0 | P | P | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 19 : RecFinan | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 20 : GConhecEE | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 : InduMercEE | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | P | 3 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 22 : IntgAtores | 0 | P | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | P | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 : IntProcELB | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 24 : InteresGOV | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 : LegisEE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 26 : Mkt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 27 : Parc MME | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 : Parc BR | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 29 : Planej EE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | P | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 : PosicELB | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 31 : ReconPROCE | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 |
| 32 : DifusPROCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 : SensiSocEE | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 34 : VisibEE | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 : AcTecEE | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 : AtratINVST | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 37 : BenefAMB | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 38 : BenefSOC | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 39 : CapTecMerc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 : DispInfoEE | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41 : IntersConc | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 42 : Pot EE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | P | 0 | 0 |
| 43 : Raciona | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 44 : TarifaElet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 45 : QtdAçõesEE | 0 | 2 | 0 | 0 | P | P | 3 | 0 | 2 | P | 2 | P | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 : PIB | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 0 |
| 47 : PercepClim | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | P | P | 0 | 1 | 0 |

© LPSOR-EPTA-MICMAC

Figura 4.2 – Matriz de influência entre as variáveis do sistema estudado (continuação)

A partir do preenchimento dos campos da matriz, com auxílio do software MICMAC, é possível obter os mapas de influência direta, indireta e potencial entre as variáveis. A partir da análise dos mapas, pode-se inferir sobre quais são as variáveis-chave do sistema estudado. O primeiro mapa analisado é apresentado na Figura 4.3:

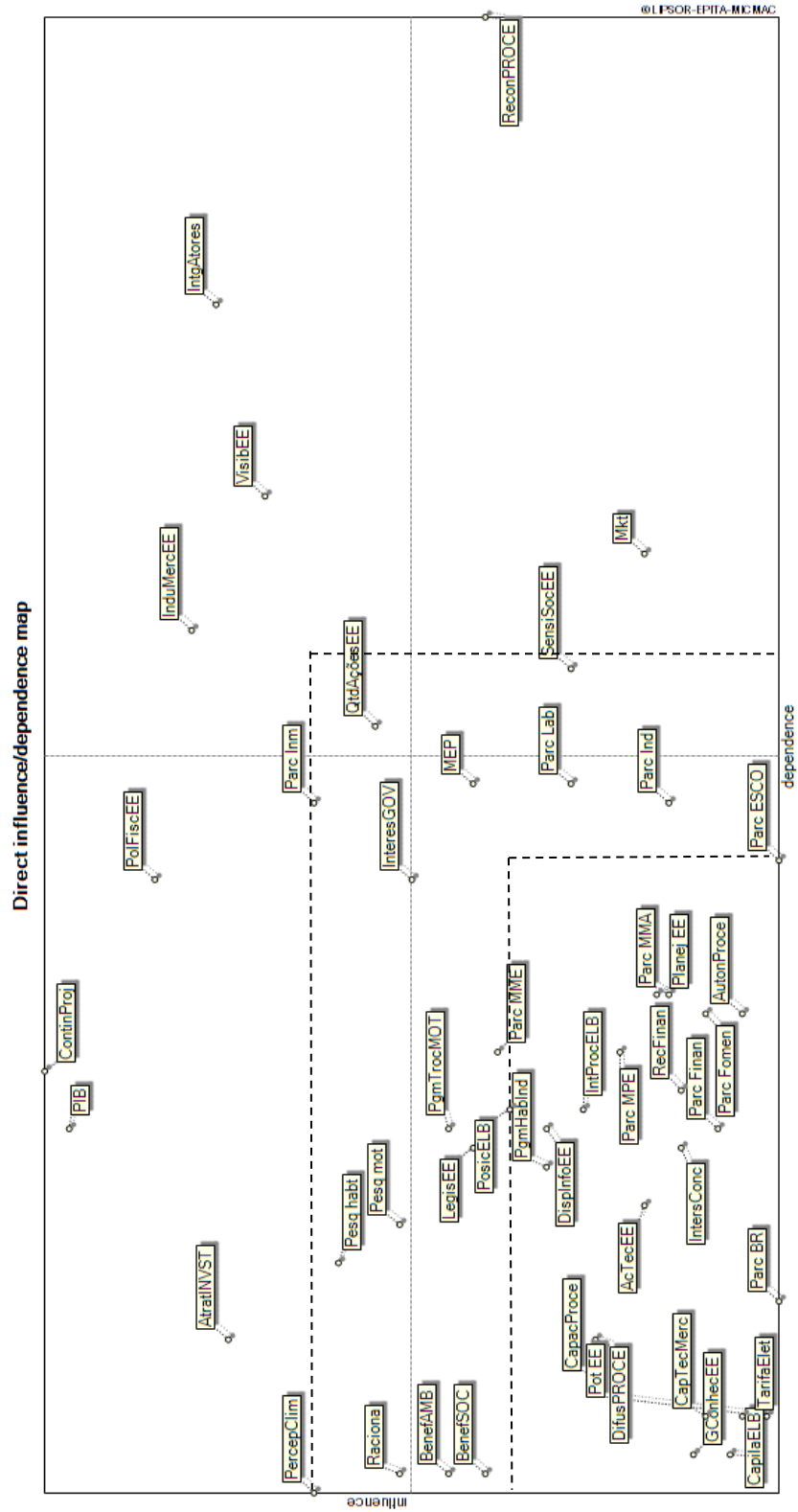


Figura 4.3 – Mapa de influência / dependência direta de variáveis

Este primeiro mapa considera apenas as relações diretas entre as variáveis. Mapas com as relações indireta e potencial são apresentados em seguida. No Capítulo 3, o Mapa de influência / dependência entre as variáveis do sistema foi apresentado conceitualmente e explicadas os significados dos seus cinco setores. Estes conceitos são úteis agora para a interpretação dos resultados.

No setor 1 estão as variáveis que são ao mesmo tempo muito influentes e pouco dependentes. São as chamadas variáveis explicativas, que condicionam o resto do sistema. Dentre elas estão:

- Atratividade do investimento em Eficiência Energética (AtratINVST) - Relação benefício-custo das ações de Eficiência Energética, considerando valor de mercado dos projetos, custo da implementação e incentivos fiscais: está aqui representada como explicativa por sua relação com o capital que é direcionado às ações de eficiência energética;
- Continuidade dos projetos Eficiência Energética do Procel (ContinProj) – Nível de aproveitamento de ideias e projetos quando ocorre uma mudança de gestão no Procel, de forma a garantir o retorno previsto para os investimentos: trata-se de uma variável explicativa por estar relacionada a uma cultura ou uma política de nível superior ao tratado neste estudo;
- Política fiscal para Eficiência Energética (PolFiscEE) - Política de incentivos do governo para viabilizar ações de EE: o nível médio de dependência desta variável pode ser explicado por sua relação com as atividades dos atores do sistema, que atuam no sentido de indicar os caminhos de evolução das políticas fiscais;
- Produto Interno Bruto (PIB) – Indicativo da geração de riqueza a partir de produtos e serviços no país: seu crescimento pode demandar maior ênfase na Eficiência Energética, tendo como uma maior movimentação de capital e a necessidade de proporcionar o atendimento natural da demanda por energia;
- Parceria com Inmetro (ParcInm) – Facilidade de relacionamento com o Inmetro: o condicionamento do sistema por esta variável pode ser explicado pela estreita relação entre o PBE e o Selo Procel;
- Percepção da sociedade em relação às mudanças climáticas (PercepClim) – Grau de preocupação e mobilização que os diversos setores da sociedade tomam, frente às

alterações no clima e suas consequências: o condicionamento do sistema frente a esta variável se dá por meio da relação estrita da eficiência energética com a redução de gases de efeito estufa e outros impactos ao meio ambiente;

No setor 2, estão as variáveis de ligação, que tem por principal característica sua influência no sistema e sua dinâmica (instabilidade). Estas são as variáveis-chave:

- Indução do mercado de Eficiência Energética (InduMercEE) – Conjunto de atividades do governo, realizada por meio de seus órgãos competentes, destinadas à implantação de um ambiente propício para produtos e serviços de EE no mercado: o governo é atualmente o principal agente de fomento no mercado de eficiência energética, gerando grande influência neste mercado. Destas ações, porém, dependem diversas articulações, parcerias e desenvolvimentos, tornando a variável igualmente dependente;
- Visibilidade da Eficiência Energética para a sociedade (VisibEE) - Divulgação efetiva dos resultados da EE para a sociedade: a forte influência desta variável reside na comunicação para os diversos segmentos da sociedade, sendo no caso deste estudo a indústria, dos benefícios disponibilizados por meio da eficiência energética. Como se trata de um mercado a ser implantado, esta variável possui também forte característica de dependência de forças ou agentes que se mobilizem para realizar esta comunicação;
- Integração entre atores (IntgAtores) - Relacionamento entre agentes de um determinado mercado, resultando em dinamismo, efetividade, comunicação, entre outros fatores: a forma como os atores estão integrados atua de forma muito influente no sistema e depende de políticas e ações do governo para tal.

No Setor 3, estão as variáveis resultado, que se explicam por meio das variáveis dos Setores 1 e 2. São elas:

- Marketing (Mkt) - Ferramenta para fortalecimento das ações de Eficiência Energética, por meio da promoção das marcas envolvidas (ELB / Procel) e dos resultados alcançados, como forma de incentivar o interesse dos atores em atuar com EE: o baixo grau de influência atual desta variável pode ser explicado por uma falta de investimentos em divulgação. Sua alta dependência mostra que o feedback, positivo

ou negativo, das ações realizadas é o que mais apoia o fortalecimento da eficiência energética;

- Reconhecimento do Procel (ReconPROCE) - Reconhecimento do Procel como referência em EE pela sociedade, resultando em centralização do poder de influência no setor de EE, como resposta a suas políticas, resultados e gestão: variável demonstrando a mais alta dependência, indica que seu poder de influência é função das ações e resultados ainda a serem estabelecidos;

As demais variáveis encontram-se nos Setores 4 e 5. Para definir as variáveis do setor 5, ou “variáveis do pelotão”, para as quais é difícil definir exatamente se são mais ou menos dependentes e mais ou menos influentes, arbitrou-se a área definida pelas linhas tracejadas.

Localizadas no Setor 4, estão as variáveis excluídas, que são relativamente desconectadas do sistema estudado e com o qual possuem poucas ligações, em razão de seu desenvolvimento relativamente autônomo.

Por fim, para o Setor 5, não há uma regra específica para sua delimitação, uma vez que o objetivo deste método é identificar um número mínimo de variáveis com as quais é possível trabalhar; escolhe-se entre um número pequeno e bastante representativo de variáveis. Portanto, a abrangência deste setor pode variar de acordo com o grau de precisão e com o volume de variáveis que é possível trabalhar.

Pode-se escolher trabalhar com variáveis do Setor 5, porém, neste momento é feita apenas uma análise inicial das variáveis de acordo com a influência direta entre elas. Adiante, na etapa de análise dos mapas de influência indireta e potencial, esta questão é novamente discutida.

A seguir, na Figura 4.4, é apresentado o mapa resultante do acréscimo das influências indiretas entre as variáveis, que foi obtido por meio da elevação à segunda potência da matriz de influência entre as variáveis. Comparando-o ao mapa de influências diretas, pode-se perceber a movimentação das seguintes variáveis:

- Parceria com Inmetro (ParcInm) – que já havia sido se destacado no mapa anterior, passa do Setor 1, com influência mediana, para o Setor 2, passando também a ter influência ligeiramente maior. Assim, suas características de condicionamento do

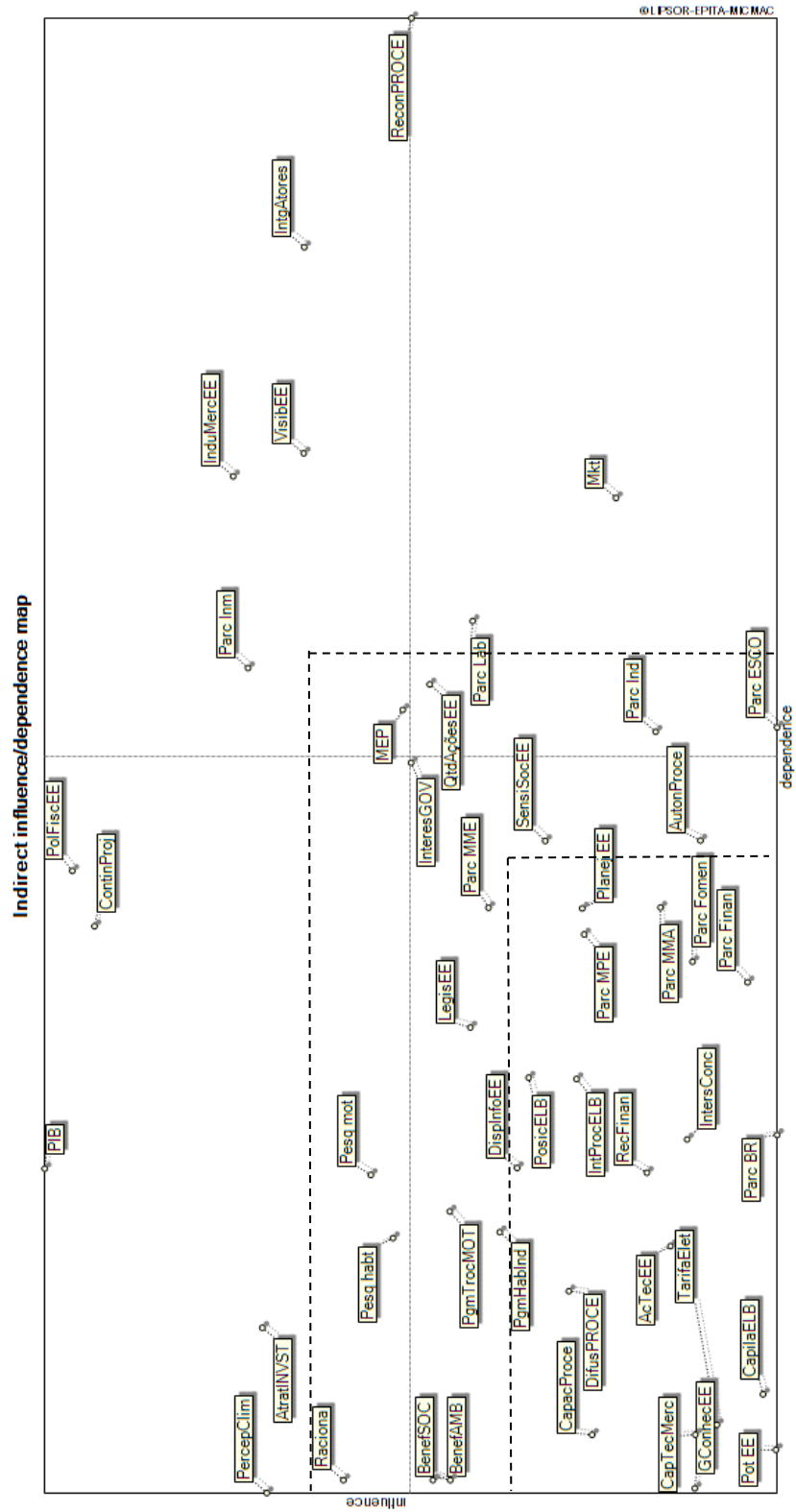


Figura 4.4 – Mapa de influência / dependência indireta de variáveis

sistema são reforçadas (influência), além de aparecerem indícios de possa ser utilizada para modificar o sistema ao ganhar maior característica de dependência (ou seja, adquiriu característica de variável de ligação ou desenvolvimento);

- Racionamento de energia elétrica (Raciona) – Aparece em destaque pela primeira vez em destaque. Traduz-se pelo limite extremo da necessidade de economizar energia, que pode gerar desabastecimento: ganha discreto destaque em função de sua influência no sistema no sentido que força a tomada emergencial de medidas de eficiência energética;
- Interesse do Governo pela Eficiência Energética (InteresGOV) – Aparece pela primeira vez em destaque. Traduz-se pela prioridade que o governo estabelece para a Eficiência Energética frente a outros assuntos do setor energético: pela sua própria descrição, pode-se compreender seu deslocamento para uma posição de maior dependência;
- Novos MEPS para motores (MEP) - Aparece pela primeira vez em destaque. Traduz-se pela adoção de novos níveis de performance mínimos de eficiência energética em motores: aparece num deslocamento em direção ao Setor 2, reforçando características de uma variável ligação (ou desenvolvimento; variável-chave).

Finalmente, são consideradas as influências potenciais entre variáveis, isto é, influências que hoje são desprezíveis ou até mesmo inexistentes, mas que podem tomar maior importância com a evolução do sistema, cuja representação gráfica encontra-se na Figura 4.5:

Assim, algumas variáveis passam a tomar lugar de destaque quando são consideradas estas possibilidades. São elas:

- Pesquisas relacionadas à tecnologia e ao uso de motores de indução (PesqMot; PesqHabt): uma vez que são desenvolvidas, passam a condicionar o sistema, tornando-se muito influentes. No mapa, migraram do Setor 5 para o Setor 1;
- Programas de troca de motores e de disseminação de hábitos eficientes na indústria (PgmTrocMOT; PgmHabInd): uma vez que são adotados, estes programas passam a ter uma forte influência no sistema e em seus resultados; No mapa, migraram do Setor 5 para o Setor 1;
- Novos MEPS para motores (MEP) – Confirma a tendência apresentada no mapa anterior e passa a se apresentar como variável-chave;

- Volume de ações efetivas em EE (QtdAçõesEE): adquire posição de destaque no Setor 2 ao serem consideradas as influências potenciais, mostrando que um aumento no volume de ações é necessário;
- Independência político-operacional do Procel (AutonProce): adquire posição de destaque no Setor 2 ao serem consideradas as influências potenciais, mostrando que um aumento no volume de ações é necessário;
- Interesse das concessionárias pela EE (IntersConc): movimentação que não concede lugar de destaque à variável, mas que demonstra como um conjunto de variáveis e possibilidades em um sistema de eficiência energética para motores pode influenciar indiretamente a eficiência energética.

Para concluir a análise estrutural, deve-se definir as variáveis-chave, que são as mais voláteis do sistema, devido a suas fortes influência e dependência. Com isso, define-se um sistema reduzido, no qual são consideradas apenas as variáveis com maior influência e com maior poder de desenvolvimento do mesmo.

Assim, são definidas como variáveis-chave aquelas do mapa de influência/dependência indiretas que estão nos Setores 1 e 2 e também as variáveis do mapa de influência/dependência potencial que tiveram significativo deslocamento em direção a algum destes dois setores.

Terminada esta etapa, a próxima se inicia com a identificação dos atores que controlam as variáveis-chave, conforme apresentado na próxima seção.

4.4. Análise da interação entre os atores

Os resultados obtidos com a análise estrutural, as variáveis-chave do sistema, são objeto da primeira análise realizada nesta etapa: deve-se identificar os atores que controlam cada uma das variáveis-chave. Assim, a Tabela 4.2 apresenta a atribuição feita, a cada variável-chave, dos atores que a controlam.

Uma vez que os atores que controlam as variáveis-chave do sistema estão identificados, deve ser montado o quadro de estratégias dos atores, vide Tabela 4.3. Conforme descrito no Capítulo 3, este quadro apresenta os objetivos, meios de ação e principais dificuldades de cada um dos atores nas suas diagonais. Nas demais células são descritas as pressões que cada

ator exerce sobre cada um dos outros, quando essa relação existir, caso contrário, a célula é deixada em branco.

Tabela 4.2 – Variáveis-chave e atores que as controlam

| Variáveis-chave | Atores com controle |
|--|-----------------------------------|
| Continuidade dos projetos em EE | Eletrobras |
| Política fiscal para EE | Governo |
| PIB | ---- |
| Atratividade dos investimentos para EE | Governo, Instituições Financeiras |
| Percepção das mudanças climáticas | ---- |
| Relacionamento com Inmetro | Procel, Eletrobras, Inmetro |
| Atividades de indução do mercado de EE | Aneel, Procel |
| Visibilidade da EE para a sociedade | Aneel, Procel |
| Integração entre atores ligados ao governo | Governo, Eletrobras |
| Pesquisas em tecnologia de motores | Universidades, Indústria |
| Pesquisas em hábitos de uso de motores | Universidades, Indústria |
| Quantidade efetiva de ações de EE | Eletrobras, Procel |
| Novos índices mínimos de EE para motores | Governo, Inmetro, Indústria |

Com a Tabela 4.3 é possível identificar uma série de objetivos estratégicos que estão no cerne do sistema estudado, já que ela reúne uma série de valores derivados das variáveis e dos atores mais influentes no sistema. O próximo passo é identificar os chamados “Campos de Batalha”, ou seja, uma classificação e posterior agrupamento das relações de pressão que os atores exercem ou sofrem uns para com os outros.

A partir do agrupamento dos dados da tabela em “Campos de batalha”, que são uma forma mais geral de interpretar o conteúdo da Tabela 4.3, o trabalho sobre as informações deve continuar, sendo feito um detalhamento de cada um dos “Campos de Batalha” em um ou mais “Objetivos Estratégicos”, conforme apresentado na Tabela 4.4. Deve-se ressaltar a relação entre estes objetivos estratégicos e a análise estrutural, por meio da qual foram identificadas as variáveis-chave em meio a dezenas de variáveis que modelam o sistema estudado.

Tabela 4.3 – Quadro de estratégias dos atores

| Ação sobre → de ↓ | Gov | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|-----------------------------|---|--|--|--|---|--|--|---------|---|---|--|
| 1.Gov erno | <p>Objetivo: - Postergar investimentos e reduzir impactos ambientais por meio da EE</p> <p>Problemas: - Recessão, desemprego - Desabastecimento de energia</p> <p>Meios: - Planejamento energético - Induzir legislação favorável - Programas de governo</p> | <p>- Exige regulamento que permita equilíbrio entre agentes do setor - Nomeia quadro de diretores da Agência</p> | <p>- Demanda direcionamento de recursos humanos e financeiros para execução do Procel - Demanda garantia sobre ações chave para a expansão do sistema elétrico - Demanda gerenciamento de atividades das principais geradoras e transmissoras do país, além de algumas distribuidoras</p> | <p>- Demanda a realização de atividades que promovam a EE no país - Demanda informações sobre resultados obtidos</p> | <p>- Demanda garantia da conformidade e dos produtos comercializados no país - Demanda a execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE</p> | <p>- Protecionismo - Impostos - Pressão para criação de novos empregos</p> | (vazio) | (vazio) | <p>- Apoio financeiro - Demandam criação de fundos para fins específicos, como a EE</p> | <p>- Demanda capacitação de mão-de-obra para o mercado - Demanda realizar pesquisas científicas de interesse nacional</p> | <p>- Protecionismo - Impostos - Pressão para criação de novos empregos</p> |
| 2.Aneel | <p>- Cobrar a realização das obras previstas para o SIN</p> | <p>Objetivo: - Regular o mercado de energia elétrica nacional</p> <p>Problemas: - Privatização recente das concessionárias</p> <p>Meios: - PEE (Lei) - Inclusão social por meio da EE e P&D</p> | <p>- cobra investimento dos recursos previstos em lei (PEE) para EE e P&D - cobra qualidade nos serviços de eletricidade</p> | <p>- fornece informações importantes sobre os projetos de EE sob sua gestão - Apoio no desenvolvimento de legislação para EE</p> | (vazio) | <p>- favorece a qualidade dos serviços de eletricidade - aloca recursos das concessionárias de eletricidade para realizar EE em suas instalações</p> | <p>- Destina, por meio do PEE, recursos e projetos para realização de projetos de EE</p> | (vazio) | (vazio) | <p>- Destina, por meio do PEE, recursos e projetos para realização de projetos de P&D e EE - indução de linhas de pesquisa ligadas à EE</p> | <p>- favorece a qualidade dos serviços de eletricidade - aloca recursos das concessionárias de eletricidade para realizar EE em suas instalações</p> |
| 3.El b | <p>- Demanda recursos para execução de programas de governo, como o Procel - Demandam por orçamento para projetos e acordo coletivo</p> | (vazio) | <p>Objetivo: - Ser a maior empresa de energia elétrica limpa</p> <p>Problemas: - Sujeita a intervenções financeiras do governo - Gestões com viés político</p> <p>Meios: - Influência no setor - Experiência dos quadros - Administra fundos federais do setor elétrico</p> | <p>- Provê recursos financeiros e logísticos - Direciona funcionários que trabalham no programa - Limita direcionamento de recursos não carimbados</p> | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | <p>- Demanda mão de obra capacitada para o setor</p> | (vazio) |

Tabela 4.3 – Quadro de estratégias dos atores (continuação)

| Ação sobre → de ↓ | Governo | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|-------------------|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| 4.Procel | - Demandam direcionamento estratégico - Reportam realizações e resultados | - Apoia avaliação de resultados do PEE em alguns setores | - Demanda recursos e investimentos para a realização das atividades | Objetivo: - Promover a EE Problemas: - Destinação volátil de recursos financeiros - Gestões com viés político Meios: - Legislação para EE - Fundos para EE - Quadro de especialistas | - Apoio institucional, financeiro e técnico às atividades do PBE relacionadas à energia elétrica | - Presta informações sobre EE no setor industrial - Cooperação com CNI para desenvolver EE na indústria | - Gera demanda por serviços especializados de diagnóstico em EE em seus projetos - Gera demanda por serviços de implementação de ações em EE | - Demanda que sejam criadas linhas de pesquisa para EE | - Demanda linhas de financiamento para projetos de EE | - Demanda pesquisas em áreas de interesse da EE | - Apoia o governo no estabelecimento de índices mínimos de EE - Estabelece critérios para concessão do Selo Procel |
| 5.Inmetro | (vazio) | (vazio) | (vazio) | - Demanda apoio na realização das atividades do PBE para equip. elétricos: definição de critérios, métodos de ensaio e capacitação laboratorial | Objetivo: - Promover o Programa Brasileiro de Etiquetagem Problemas: - Conciliar interesse da Indústria e do PBE - Gestões com viés político Meios: - Regula critérios de qualidade e EE dos produtos do mercado - Determina como são feitos os ensaios de qualidade e EE | - Demanda que sejam realizadas as adequações nos produtos para atendimento aos níveis mínimos de EE | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | - Demanda que sejam realizadas as adequações nos produtos para atendimento aos níveis mínimos de EE |
| 6.Ind. | - Usa o fator desemprego como fator de negociação - Demanda subsídios para favorecimento da balança comercial | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | Objetivo: - Manter, aumentar e/ou diversificar fatia no mercado Problemas: - Manter competitividade - Atender mudanças na legislação e normas técnicas - Carga fiscal Meios: - Demanda subsídios para a geração de empregos | - Demanda diagnósticos energéticos visando reduzir gastos com energia - Demanda execução de projetos de EE | (vazio) | - Demanda por facilidade na obtenção de recursos para investimentos na produção | - demanda por profissionais capacitados e atualizados | - Exige qualidade e EE dos produtos, conforme declarações do fabricante e normas e regulamentos vigentes |

Tabela 4.3 – Quadro de estratégias dos atores (continuação)

| Ação sobre → de ↓ | Governo | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|-------------------|--|--|---------|--|---|---|--|---------|---|---|---|
| 7.Escos | - Demandam melhores condições de mercado para a EE, com parcerias e garantias para implementar ações | - Demandam regras para firmar remuneração em contratos de performance no âmbito do PEE | (vazio) | - Demandam condições para melhorar a viabilidade de projetos | - Demandam segurança nas informações sobre equipamentos | - oferecem serviços de conservação de energia sem custo inicial (contrato de performance) | Objetivo: - Vender projetos de EE Problemas: - Riscos do contrato de performance - Dificuldade na obtenção de financiamentos para EE Meios: - Clientes pagam serviços com valor da energia economizada - Além da energia, serviços de EE podem gerar créditos de carbono | (vazio) | - Demandam programas de financiamento que lhes possibilite trabalhar com contratos de performance | (vazio) | - oferecem serviços de conservação de energia sem custo inicial (contrato de performance) |
| 8.Foment. | - Demandam subsídios para tratar das principais linhas de pesquisa, segundo interesses diversos expressos pela sociedade | (vazio) | (vazio) | - oferecem recursos para linhas de pesquisa que podem interessar ao programa | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | - avaliam e classificam as universidades por meio do desempenho em seus projetos - oferecem recursos de acordo com a classificação da instituição de pesquisa e da avaliação do projeto | (vazio) |

Tabela 4.3 – Quadro de estratégias dos atores (continuação)

| Ação sobre → de ↓ | Governo | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|--------------------|---|---------|---------|---|---|---|---|--|--|--|---|
| 9.Financ. | - demandam que o governo opere com baixa taxa básica de juros - apoiam o governo a operacionalizar o repasse de fundos subsidiados, conforme interesse entre as partes | (vazio) | (vazio) | (vazio) | (vazio) | - oferece condições de pagamento que se adequem às condições do cliente | - oferece condições de pagamento que se adequem às condições do cliente | (vazio) | Objetivo: - Oferecem financiamento para investimentos nos meios de produção Problemas: - Inadimplência - Equilíbrio entre taxa de juros e volume de recursos disponibilizado Meios: - Operacionalizam fundos próprios ou do governo | (vazio) | - oferece condições de pagamento que se adequem às condições do cliente |
| 10.Univers. | - demanda verbas para educação - melhores salários - faz pesquisas que podem abrir novos campos de estudo para Escos | (vazio) | (vazio) | - oferece mão de obra especializada para pesquisas de interesse do programa | - oferece mão de obra especializada para pesquisas de interesse do programa | - forma profissionais para a indústria | - faz pesquisas que podem abrir novos campos de estudo para Escos | - demanda por recursos para as linhas de pesquisa de seu interesse | (vazio) | Objetivo: - Capacitam profissionais e pesquisadores e desenvolvem pesquisas Problemas: - Infraestrutura da educação no país - Bases da educação no país Meios: - Obtém recursos da iniciativa privada e fundos do governo | - forma profissionais para a indústria |
| 11.Fabr Mot | - Usa o fator desemprego como fator de negociação - Demanda subsídios para favorecimento da balança comercial | (vazio) | (vazio) | - demandam menor exigência nos requisitos de EE | - demandam menor exigência nos requisitos de EE | - ofertam novos modelos e serviços, podendo descontinuar fornecimento de peças e assistência técnica para modelos antigos | - podem oferecer apoio às Escos no caso de escolha por seus equipamentos nos projetos destas. | (vazio) | - demandam por produtos que se adequem às suas possibilidades de investimento e necessidades | (vazio) | Objetivo: - Manter, aumentar e/ou diversificar fatia no mercado Problemas: - Manter competitividade - Atender mudanças na legislação e normas técnicas - Carga fiscal Meios: - Demanda subsídios para a geração de empregos |

Com o preenchimento da Tabela 4.4, conclui-se o tratamento e análise dos dados da etapa anterior, a Análise Estrutural, a fim de usá-los com dados de entrada no método MACTOR. Para finalizar o tratamento dos dados de entrada, devem ser preenchidas duas matrizes: a Matriz de Influências Diretas e a Matriz de Posicionamento Valorado, que atribui uma quantificação do posicionamento dos atores em relação aos objetivos estratégicos definidos. Estas matrizes estão representadas nas Tabelas 4.5 e 4.6.

Conforme apresentado no Capítulo 3, para cada par de atores que controlam as variáveis-chave do sistema, o grau de influência que o ator em cada linha exerce sobre o ator de cada uma das colunas, sendo: 0 – nenhuma influência; 1 – influência sobre procedimentos operacionais; 2 – influência sobre projetos; 3 – influência sobre a missão; 4 – influência na existência da organização.

A Tabela 4.7 apresenta a última matriz a ser montada, finalizando assim a preparação dos dados de entrada para o método MACTOR: trata-se da Matriz de Posicionamento Valorado. Nela, cada ator é confrontado com cada um dos objetivos estratégicos provenientes do Quadro de Estratégias dos Atores, de forma que se evidencie seu posicionamento frente a estes objetivos estratégicos. O posicionamento de um ator frente a um objetivo pode ser positivo (+) caso este objetivo seja do seu interesse, ou negativo (-), caso seja contra seus interesses. Para melhor formatação, a matriz 2MAO é apresentada em sua forma transposta. Seu preenchimento é feito da seguinte forma:

0 – nenhum interesse do ator pelo objetivo;

1 – o objetivo põe em risco (-) / é de interesse de (+) seus procedimentos operacionais;

2 – o objetivo põe em risco (-) / é de interesse (+) seus projetos;

3 – o objetivo põe em risco (-) / é de interesse de (+) sua missão;

4 – o objetivo põe em risco (-) / é de interesse da (+) existência da organização.

Tabela 4.4 – Objetivos estratégicos do sistema estudado

| Campos de batalha | | Objetivos Estratégicos | | | Descrição |
|-------------------|---|------------------------|--|------------|--|
| 1 | Questões do Meio Ambiente | OE1 | Desenvolver ligação entre EE e sustentabilidade | EE-Sust | Consolidar a EE como componente importante de uma política de redução de impactos ambientais. |
| | Integração da EE ao Planejamento do Setor Elétrico | OE2 | Acompanhamento da entrega de "usinas virtuais" | AcompUVirt | Aprimorar a entrada da EE no Planejamento energético não só no longo prazo, mas também no médio e curto prazos. |
| | | OE3 | Desenvolver metodologia de M&V oficial | M&Voficial | Desenvolver metodologia oficial do planejamento elétrico para considerar economia de energia dos projetos de EE. |
| 3 | Autonomia do Procel | OE4 | Definir fontes de recurso para o Procel | RecurProce | Definir de onde saem os recursos humanos e financeiros básicos para executar o Programa. |
| | | OE5 | Garantir continuidade dos projetos | ContProjs | Garantir a continuidade de projetos com bons resultados. |
| | | OE6 | Capacitação do corpo técnico e gerencial | CapacProce | Capacitar os RHs do programa para enfrentar os desafios. |
| 4 | Programas de certificação e endosso para equipamentos | OE7 | Assegurar meios de informação ao consumidor | InfoConsum | Assegurar que as informações necessárias sobre EE cheguem ao consumidor. |
| | | OE8 | Aprimorar relacionamento com fabricantes | RelacFabrc | Buscar um relacionamento tanto técnico quanto político, de forma que as questões centrais dos programas de certificação e endosso não sejam desviadas de seu foco. |
| | | OE9 | Aprimorar rede de laboratórios Procel / PBE | AprimLabs | Incentivar a criação de uma rede para gerir o desenvolvimento dos laboratórios que atendem ao Procel, tanto em capacitação quanto em produção (Selo/PBE). |
| 5 | Evolução dos MEP de MITs | OE10 | Aumentar frequência dos ajustes nos MEP | FreqAjuMEP | Estabelecer metas mais ousadas de reajuste dos MEP. |
| | | OE11 | Mudanças de padrão ou tecnologia | Padr.Tecno | Mudanças de padrão ou tecnologia que visam maior EE. |
| 6 | Gestão de P&D voltada à EE | OE12 | Incentivar pesquisas sobre EE de MITs | PesqEE_MIT | Incentivar a pesquisa sobre EE para que as questões técnicas estratégicas estejam o mais esclarecidas possível. |
| | | OE13 | Realizar pesquisas para modelagem do mercado | PesqMerc | Realizar pesquisas para aprofundamento nas questões de posse de equipamentos, suas características e os hábitos de uso na indústria e |
| 7 | Eficácia dos fundos destinados à EE | OE14 | Estabelecer fundos específicos para Programas de Governo | FundPgmGov | Estabelecer fundos e regras para o desenvolvimento de atividades de programas de governo. |
| | | OE15 | Garantir linhas de crédito para projetos de EE | LinCredEE | Garantir que os empreendimentos referentes a EE tenham linhas de crédito viáveis, que se adequem às necessidades deste ramo de negócio, como por exemplo, a viabilidade dos Contratos de performance, ou a adequação de uma empresa a novos critérios de EE. |
| | | OE16 | Utilização de fundos do SE para desenvolver a EE | FundSEtoEE | Utilização de fundos do SE para que sejam desenvolvidas ações de EE com retorno palpável para a expansão do SE, com maior EE, menor impacto ambiental e permitindo a postergação de investimentos. |
| 8 | Atratividade da EE para a Indústria | OE17 | Estimular a produção industrial com incentivos | IncentInd | Estimular a produção industrial por meio de incentivos fiscais. |
| | | OE18 | Implementar políticas fiscais para EE | PolFiscEE | Estimular a EE por meio de legislação, visando consolidar um mercado de EE no país. |
| | | OE19 | Incentivar crescimento das Escos | CrescESCO | Incentivar o crescimento e a especialização das Escos nos mais variados tipos de intervenção na indústria e outros setores. |
| | | OE20 | Priorizar indústria no PEE/Aneel | PEEInd | Priorizar ações que tenham bom RBC. |

Tabela 4.5 – Matriz de Influências Diretas (MID)

| | Gov | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|----------|-----|-------|-----|--------|---------|------|-------|---------|---------|----------|---------|
| Gov | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4 | 4 |
| Aneel | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Elb | 3 | 1 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Procel | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Inmetro | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Ind. | 3 | 0 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| Escos | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Foment. | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Financ. | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Univers. | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| FabrMot | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |

Tabela 4.6 – Matriz de Posicionamento Valorado (2MAO)

| | Gov | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|------------|-----|-------|-----|--------|---------|------|-------|---------|---------|----------|---------|
| EE-Sust | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AcompUVirt | 3 | 0 | -1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| M&Voficial | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| RecurProce | -1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| ContProjs | -1 | 1 | -1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CapacProce | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| InfoConsum | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RelacFabrc | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | -2 | 2 | 0 | 0 | 0 | -2 |
| AprimLabs | 2 | 2 | -1 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| FreqAjuMEP | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | -2 |
| Padr.Tecno | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| PesqEE_MIT | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | -1 |
| PesqMerc | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | -1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| FundPgmGov | -1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| LinCredtEE | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| FundSêtoEE | 1 | -1 | -1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IncentInd | 3 | 0 | -2 | -2 | 0 | 2 | -2 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| PolFiscEE | -1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| CrescESCO | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| PEEInd | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Com o processamento dos dados feito pelo software MACTOR, ficam disponíveis entre os dados de saída uma série de matrizes, mapas e grafos. A disponibilidade de todos estes resultados tem como objetivo ilustrar as etapas do método, desde a análise do grau de influência/dependência de cada ator, a implicação de cada um frente aos objetivos estratégicos e a relação de poder entre eles. A obtenção da matriz 3MAO, enfim, apresentada na Tabela 4.7, é a finalidade de todo este processo. A partir dela, são derivados uma série de quadros, grafos e mapas, disponíveis como dados de saída do software MACTOR, analisados a seguir.

A Matriz 3MAO

A partir da matriz 3MAO, apresentada na Tabela 4.7, é possível identificar os atores que estão no cerne do jogo, devido a sua *implicação*, ou seja, seu grau de “intenção” de estar no jogo, e também às relações de poder entre eles. Assim, ao associar a intenção de trabalhar frente a um objetivo (pró ou contra) e o poder relativo de ator frente aos demais (conceito derivado da matriz de influências diretas e indiretas), depara-se com a *mobilização* de um ator frente a este objetivo.

Tabela 4.7 – Matriz de Posicionamento Valorado e Ponderado em relação aos OE (3MAO)

| | Gov | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot | Number of agreements | Number of disagreements | Degree of mobilisation |
|---------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| EE-Sust | 0 | 1,4 | 0 | 2,3 | 2 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 |
| AcompUVirt | 4,5 | 0 | -1,1 | 2,3 | 0 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0,7 | 0 | 8,8 | -1,1 | 9,9 |
| M&Voficial | 4,5 | 2,9 | 0 | 2,3 | 0 | 2,6 | 1,7 | 0 | 3,3 | 0,7 | 2,4 | 20,3 | 0 | 20,3 |
| RecurProce | -1,5 | 0 | 2,2 | 2,3 | 0 | 0 | 1,3 | 0,6 | 3,3 | 0,7 | 0 | 10,3 | -1,5 | 11,8 |
| ContProjs | -1,5 | 1,4 | -1,1 | 2,3 | 1 | 0 | 0,9 | 0,3 | 1,6 | 0,4 | 1,2 | 9,1 | -2,6 | 11,7 |
| CapacProce | 1,5 | 0 | 0 | 2,3 | 1 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,1 | 0 | 6,1 |
| InfoConsum | 3 | 1,4 | 0 | 2,3 | 2 | 0 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,6 | 0 | 9,6 |
| RelacFabrcc | 0 | 2,9 | 0 | 2,3 | 2 | -2,6 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | -2,4 | 8,1 | -5 | 13 |
| AprimLabs | 3 | 2,9 | -1,1 | 2,3 | 2 | 0 | 0,9 | 0,6 | 3,3 | 0,7 | 0 | 15,6 | -1,1 | 16,7 |
| FreqAjuMEP | 0 | 2,9 | 0 | 2,3 | 1 | 1,3 | 0,9 | 0 | 3,3 | 0 | -2,4 | 11,6 | -2,4 | 14 |
| Padr.Tecno | 3 | 1,4 | 0 | 2,3 | 0 | 1,3 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | -1,2 | 8,9 | -1,2 | 10,1 |
| PesqEE_MIT | 1,5 | 2,9 | 0 | 2,3 | 0 | 1,3 | 0,9 | 0,6 | 0 | 0,7 | -1,2 | 10,1 | -1,2 | 11,3 |
| PesqMerc | 1,5 | 1,4 | 2,2 | 1,5 | 1 | -1,3 | 0,9 | 0,6 | 0 | 0,7 | 2,4 | 12,2 | -1,3 | 13,5 |
| FundPgmGov | -1,5 | 1,4 | 2,2 | 2,3 | 1 | 0 | 0,9 | 0 | 1,6 | 0 | 0 | 9,4 | -1,5 | 10,9 |
| LinCredtEE | 1,5 | 0 | 0 | 1,5 | 0 | 0 | 0,9 | 0 | 1,6 | 0 | 1,2 | 6,7 | 0 | 6,7 |
| FundSEtoEE | 1,5 | -1,4 | -1,1 | 2,3 | 1 | 0 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,7 | -2,5 | 8,2 |
| IncentInd | 4,5 | 0 | 0 | -1,5 | 0 | 2,6 | -0,9 | 0 | 3,3 | 0 | 2,4 | 12,7 | -2,4 | 15,1 |
| PolFiscEE | -1,5 | 1,4 | 1,1 | 1,5 | 0 | 1,3 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 8,6 | -1,5 | 10,1 |
| CrescESCO | 1,5 | 2,9 | 0 | 1,5 | 0 | 1,3 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | 9,2 | 0 | 9,2 |
| PEEInd | 3 | 2,9 | 1,1 | 0,8 | 0 | 1,3 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 1,2 | 11,1 | 0 | 11,1 |
| Mobilisation | 40,6 | 31,8 | 13 | 40,3 | 14,2 | 16,7 | 19,6 | 2,6 | 21,3 | 4,7 | 21,4 | --- | --- | --- |

Na matriz 3MAO, pode-se ver que no cerne do sistema estudado, que pode ser interpretado como um jogo de alianças e combates que (dependendo do curso que tomem) definirão o futuro, estão o **Governo**, o **Procel** e a **Aneel**. Também no cerne do jogo, mas não tão mobilizados quanto os primeiros, estão as **Escos**, as **Instituições Financeiras** e os **Fabricantes de Motores**.

No patamar de mobilização que vem logo abaixo, frente ao sistema estudado, encontram-se a **Eletrobras**, o **Inmetro** e a **Indústria**. E, finalmente, pode-se considerar “fora do jogo”, significando que não têm papel decisivo na evolução do sistema, as **Instituições de Fomento à Pesquisa** e as **Universidades**.

Já deste primeiro resultado, podem ser feitas observações importantes a respeito do sistema estudado e das alianças que podem ser estabelecidas:

1. O Governo é o maior interessado na evolução do sistema estudado de forma que as metas de EE sejam alcançadas. Porém, ao mesmo tempo que possui poder suficiente para movimentar o sistema, tem que cuidar para que não surjam efeitos colaterais;
2. A Eletrobras é a executora do Procel, que é a principal ferramenta do Governo para atingir as metas de EE. Assim, devem ser investigadas as razões para a disparidade entre os graus de mobilização das duas entidades;
3. A Indústria, sendo um dos principais sujeitos que levam à transformação almejada para o sistema estudado, encontra-se com mobilização mediana, podendo ser um potencial ator com quem os interessados na EE e detentores de maior poder possam se aliar. A questão a ser respondida é “por quais meios?”;
4. Outro importante grupo é o de Fabricantes de Motores, que se apresenta com alta mobilização no sistema. No entanto, conforme apresentado à frente, sua atuação não é completamente alinhada às dos atores que têm na EE seu objetivo intrínseco, como o Governo e o Procel. Esta situação indica que há conflitos a serem tratados e que, por definição, influenciarão na evolução do sistema;
5. Escos e Instituições Financeira representam, respectivamente, com razoável pertinência, a mão-de-obra e o insumo necessários para a evolução do sistema segundo os objetivos do Governo.

Histograma de posicionamento dos atores frente aos objetivos

Cada um dos objetivos estratégicos possui um grau de acordo ou desacordo dos atores. Assim, pretende-se agora saber se cada um dos objetivos estratégicos do sistema modelado é mais ou menos conflituoso ou consensual, considerando o posicionamento favorável ou desfavorável dos atores diante cada um deles. Agora, são abordados os principais objetivos, sob o ponto de vista do objetivo do estudo, que é de chegar a uma evolução do sistema tal qual as metas de EE sejam atingidas.

Primeiro, fala-se dos objetivos que são conflituosos em algum grau, conforme pode ser observado na Figura 4.6 - Histograma da mobilização dos atores em relação aos objetivos estratégicos. Os conflitos são explicados e um ou mais caminhos possíveis são esboçados, ainda sem os detalhes dos meios para tal, detalhados numa etapa posterior:

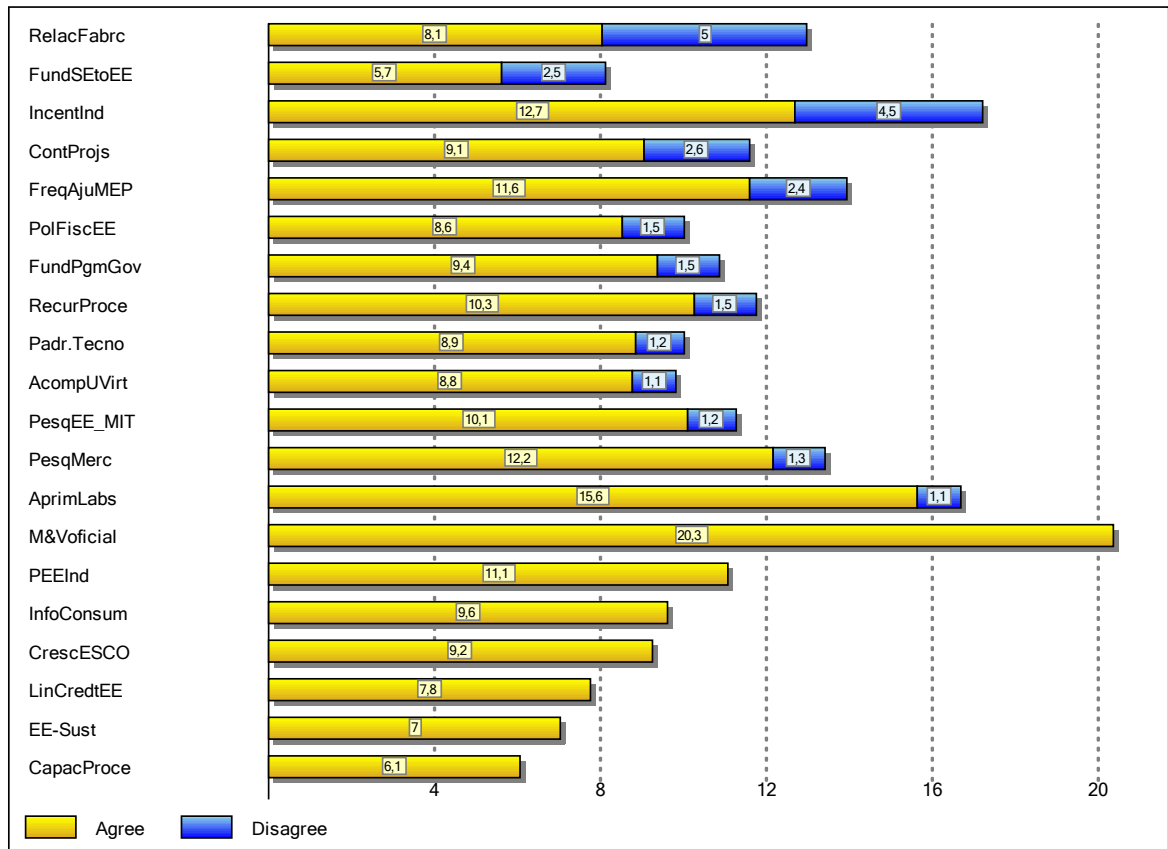


Figura 4.6 – Histograma da mobilização dos atores em relação aos objetivos estratégicos

1. O objetivo mais graduado na escala de existência de conflitos é **Aprimorar relacionamento com fabricantes**, que trata de buscar um relacionamento tanto técnico quanto político-econômico para os processos de evolução dos índices mínimos de EE, dos quais participam representantes do Selo Procel, PBE e fabricantes de equipamentos, de forma que as questões centrais dos programas de certificação e endosso não sejam desviadas de seu foco. Atualmente, o viés político-econômico prevalece nas decisões, o que poderia ser evitado, em prol da EE, com um reforço positivo na capacitação técnica do quadro que representa o Governo;
2. Em seguida, está o objetivo de **Estimular a produção industrial por meio de incentivos fiscais**, que deixam o Governo em contraposição a três de seus principais aliados em busca da EE: a Eletrobras, o Procel e as Escos. Ora, a EE em si se trata de uma medida de otimização da produção industrial, conquanto que traga um balanço financeiro mais favorável para as indústrias que implementam medidas de eficiência. No entanto, se tais incentivos desconsiderarem a EE, estarão na verdade jogando contra ela, na medida em que reduzem sua atratividade;

3. **Garantir a continuidade de projetos com bons resultados** e suas respectivas linhas de ação pode parecer uma questão muito lógica, porém, dentro do quadro de múltiplos interesses e necessidades que tem que ser tratado pelo Governo, pode ser uma equação difícil. A própria executora do Procel pode ser influenciada por questões políticas. Assim, o estabelecimento de uma política de EE que esteja mais fortemente arraigada no centro das questões energéticas seria importante para amenizar a questão;
4. Em relação a estimular a EE por meio de legislação, visando consolidar um mercado de EE, questão representada pelo objetivo **Implementar políticas fiscais para EE**, fica claro que a questão não deva ser unanimidade para o Governo, por questões de redução na receita. Da mesma forma, **Estabelecer fundos específicos para Programas de Governo** não encontram facilidade do lado governamental;
5. O objetivo **Realizar pesquisas para modelagem do mercado** busca aprofundamento nas questões de posse de equipamentos, suas características e os hábitos de uso na indústria e outros setores. Planos e medidas de EE seguras e com baixa incerteza precisam passar por este refinamento, que encontra dificuldades no meio industrial por questões como segredos estratégicos, de mercado e questões de confidencialidade;
6. **Mudanças de padrão ou tecnologia** dos motores utilizados no país que visam maior EE, além de serem medidas de prazo de maturação maior, podem requer intensa adaptação dos Fabricantes de Motores e das Indústrias, nestas com menor impacto. No entanto, a avaliação de que esta solução traga incrementos palpáveis aos benefícios para a EE, podem ser planejadas pelo Governo;
7. Quanto aos objetivos **Incentivar linhas de pesquisa em EE para MIT** e de **Aprimorar a rede de laboratórios do Procel**, não encontram grande resistência, mas esbarram no desinteresse estratégico da Eletrobras em comandar este tipo de ação. Uma política mais incisiva do Governo que priorize a pesquisa voltada para a EE ou que remunere a Eletrobras por seus serviços são caminhos possíveis;
8. **Aumentar a frequência dos ajustes nos MEPS**, ou seja, estabelecer metas mais ousadas de reajuste dos níveis mínimos de EE, só encontram contraposição junto aos Fabricantes de Motores. Esta resistência, normalmente contestada pelos fabricantes em virtude dos possíveis reajustes em seu negócio, pode ser amenizada por meios da busca de argumentos técnico-econômicos mais fortes por parte do Governo;
9. **Definir fontes de recurso para o Procel**, a fim de formalizar a origem dos recursos humanos e financeiros básicos para executar o Procel, tem sido uma dificuldade para

o Governo. Esta possível incoerência na atitude do maior interessado nas metas estabelecidas ainda precisa ser totalmente esclarecida, não bastando a explicação de que a executora tem apenas ônus financeiros na execução do programa;

10. Por fim, permitir que haja um efetivo **Acompanhamento da entrega de "usinas virtuais"** viabilizaria a entrada da EE no planejamento do setor elétrico não só no longo prazo, mas também no médio e curto prazos. A Eletrobras atualmente se oporia a esta solução devido ao seu foco atual seja o de gerar receita com a venda de energia. Há também o risco inerente a realizar “previsões sobre a energia que não será utilizada”, que deve ser reduzido com a realização de estudos.

Pode acontecer que alguns destes objetivos apresentados contemham parte da solução para resolver os problemas de um outro objetivo. O desafio então reside em estabelecer uma política de alianças que permita que o jogo de pressões favoreça o lado da EE.

A seguir, são comentados os objetivos estratégicos que não possuem desacordo de nenhum ator, lembrando que não necessariamente tenham importância para todos os atores (alguns atores podem ser indiferentes a alguns objetivos).

Alguns destes objetivos podem conter parte da solução dos problemas encontrado nos objetivos que mostrados anteriormente. Neste caso, não deve haver obstáculos de origem estratégica para resolver estes problemas:

1. O objetivo **Desenvolver ligação entre EE e sustentabilidade** visa à consolidação das práticas de EE como componente importante de uma política de redução de impactos ambientais. Este objetivo pode ser compreendido como uma política de comunicação arrojada do Procel de forma a sensibilizar a sociedade e facilitar o estabelecimento de alianças. Nesta mesma linha de ação, é necessário observar o objetivo **Assegurar informação ao consumidor**, referindo-se a todos os segmentos da sociedade;
2. **Desenvolver metodologia de M&V oficial** pode facilitar a consolidação da EE no planejamento do SE, de forma a considerar economia de energia de projetos de EE futuros. Trata-se de um desafio técnico de grande envergadura, que se encarado pelo Governo e o Procel, necessitará de algum tempo de amadurecimento antes de ser efetivamente implementado. Dentro desta linha de raciocínio, que deve envolver estudos aprofundados sobre o tema, é de grande valia observar o objetivo de **Capacitação do corpo técnico e gerencial**, que serve o desenvolvimento da metodologia de M&V quanto para outros objetivos em que sejam necessários estudos;

3. **Garantir linhas de crédito para projetos de EE** significa prover às ações de EE linhas de crédito viáveis, que se adequem às necessidades deste ramo de negócio, como por exemplo, a viabilidade dos Contratos de performance, ou a adequação de uma empresa a novos critérios de EE. Uma atuação do Governo junto às Instituições Financeiras, com apoio técnico administrativo do Procel, podem ajudar a priorizar estas linhas de crédito;
4. **Incentivar o crescimento das Escos** significa facilitar sua especialização nos mais variados tipos de intervenção na indústria e outros setores, visando atender à demanda de diagnóstico e implementação de projetos de EE. Com vários aliados potenciais para este fim no sistema estudado, o Governo pode decidir direcionar de forças rumo a este objetivo;
5. **Priorizar a indústria no PEE da Aneel** de forma que haja se tenha um maior retorno em termos de energia economizada. Este raciocínio, numa política de implementação de projetos de EE traz resultados de curto e médio prazos. Não se pode, no entanto, beneficiar apenas este tipo de ação e esquecer de ações de base, que têm resultados de mais longo prazo, como a educação e a pesquisa.

Matriz e grafo de convergência entre atores

A partir da matriz 3CAA, apresentada na Tabela 4.8, é possível verificar quais atores possuem maior convergência frente aos objetivos estratégicos. Esta informação pode ser visualizada também por meio de um grafo, vide Figura 4.7, onde estão representadas em cores as convergências de moderada a forte, deixando em cinza ou excluindo as convergências fracas.

Tabela 4.8 – Matriz de convergência valorada e ponderada entre atores (3CAA)

| | Gov | Aneel | Elb | Procel | Inmetro | Ind. | Escos | Foment. | Financ. | Univers. | FabrMot |
|------------------------|-------|-------|------|--------|---------|------|-------|---------|---------|----------|---------|
| Gov | 0 | 19,9 | 6,5 | 26,8 | 8,8 | 14,2 | 21 | 3,9 | 12,5 | 9,3 | 13,6 |
| Aneel | 19,9 | 0 | 8,1 | 29,2 | 14,1 | 13,8 | 21,8 | 5,3 | 12,3 | 7,4 | 11,9 |
| Elb | 6,5 | 8,1 | 0 | 11,7 | 3,2 | 2,4 | 9,2 | 2,7 | 6 | 2,9 | 6,3 |
| Procel | 26,8 | 29,2 | 11,7 | 0 | 18,1 | 11,6 | 30 | 6,6 | 16,6 | 10 | 11,7 |
| Inmetro | 8,8 | 14,1 | 3,2 | 18,1 | 0 | 1,2 | 11,8 | 2,8 | 7,5 | 2,9 | 2,8 |
| Ind. | 14,2 | 13,8 | 2,4 | 11,6 | 1,2 | 0 | 8,6 | 0,9 | 8,1 | 2,7 | 11,7 |
| Escos | 21 | 21,8 | 9,2 | 30 | 11,8 | 8,6 | 0 | 3,6 | 12,6 | 6,2 | 9,4 |
| Foment. | 3,9 | 5,3 | 2,7 | 6,6 | 2,8 | 0,9 | 3,6 | 0 | 4,8 | 2,9 | 2,2 |
| Financ. | 12,5 | 12,3 | 6 | 16,6 | 7,5 | 8,1 | 12,6 | 4,8 | 0 | 7 | 8,5 |
| Univers. | 9,3 | 7,4 | 2,9 | 10 | 2,9 | 2,7 | 6,2 | 2,9 | 7 | 0 | 3,9 |
| FabrMot | 13,6 | 11,9 | 6,3 | 11,7 | 2,8 | 11,7 | 9,4 | 2,2 | 8,5 | 3,9 | 0 |
| Number of convergences | 136,5 | 143,9 | 58,8 | 172,3 | 73,1 | 75,1 | 134,1 | 35,8 | 95,9 | 55,2 | 81,9 |

Assim, pode-se ver que, ao levar em conta a importância de cada objetivo para cada ator (posição valorada) e sua força (meios), as alianças entre Procel e Aneel e entre Escos e Governo são as mais importantes. Deve-se notar também a convergência de interesses com Instituições Financeiras e com o Inmetro.

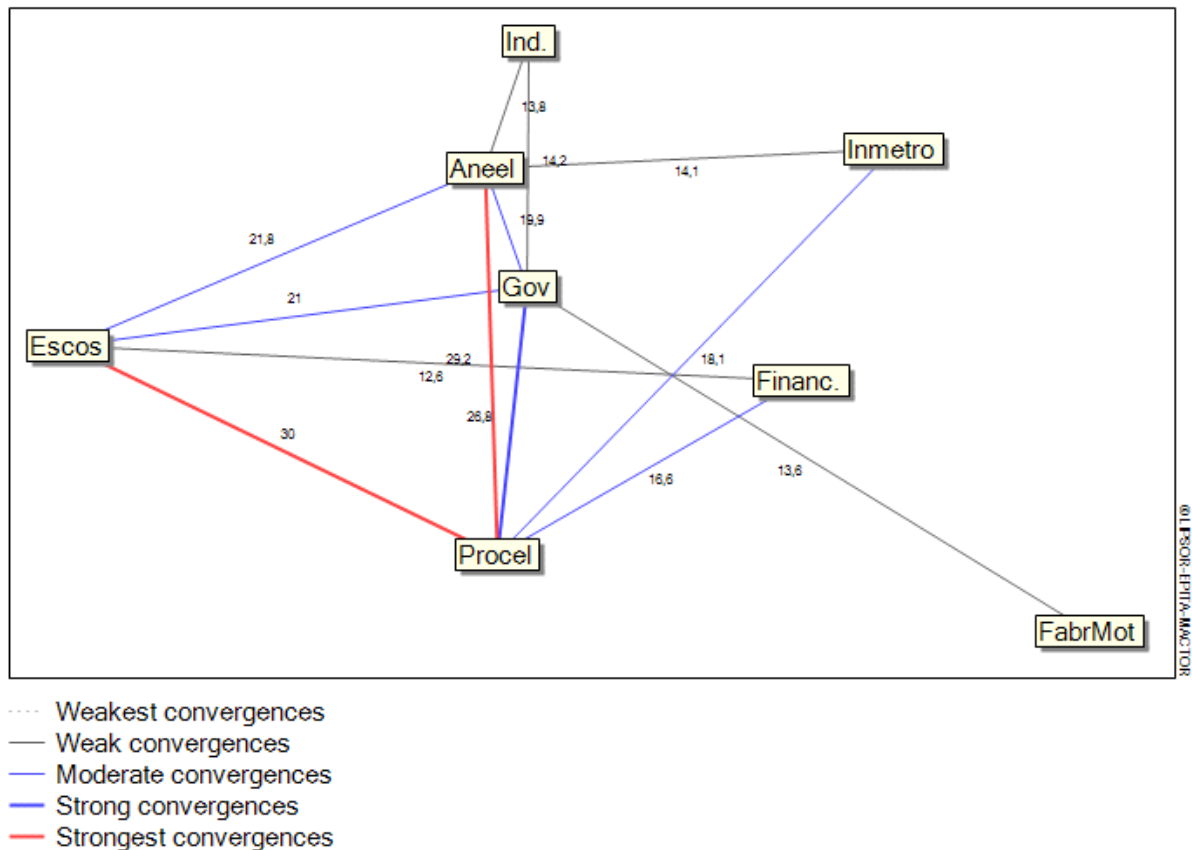


Figura 4.7 – Grafo de 3ª ordem de convergência entre atores

Matriz e grafo de divergência entre atores

A partir da matriz 3DAA, apresentada na Tabela 4.8, e seu respectivo grafo, na Figura 4.9, é possível verificar quais atores possuem maior divergência frente aos objetivos estratégicos. No grafo, estão plotadas as convergências de moderada a forte, deixando em cinza ou excluindo as convergências fracas.

A divergência mais forte reside exatamente na relação entre Governo e Eletrobras, a quem é delegada pelo Governo a execução do Procel. Não se pode também deixar de notar a importância das divergências entre o Procel com o Governo e com os Fabricantes de Motores, estes que, por sua vez tem também moderada divergência com a Aneel.

recomendação de Godet, buscou-se reunir grupos de objetivos que pudessem ser tratados em conjunto. Levou-se em conta não somente a proximidade dos objetivos, conforme apresentados no mapa, mas também sua semelhança em relação ao assunto específico de que trata. Isto, no entanto, é apenas uma indicação e não uma regra, como pode ser visto no mapa comentado (Figura 4.10). Todas as informações geradas devem apoiar no diagnóstico que está sendo feito.

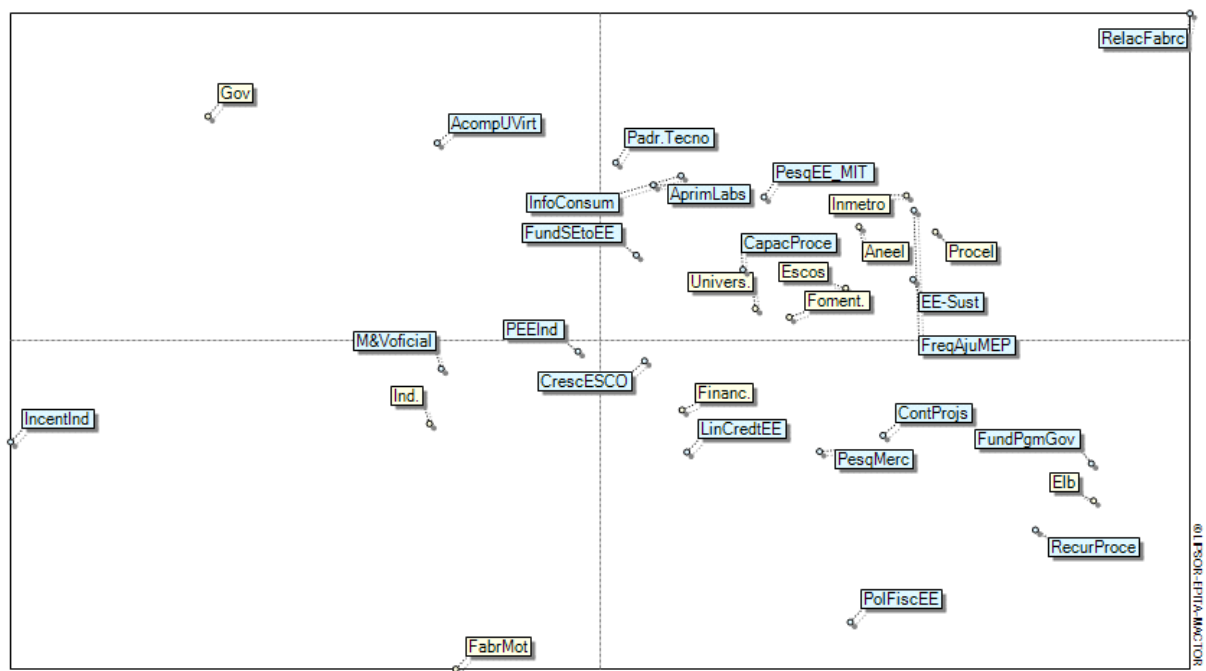


Figura 4.9 – Mapa de relacionamento entre atores e objetivos estratégicos

No mapa ficam claras as posições de divergência ou convergência dos atores em relação aos objetivos. Com o mapa, estas divergências e convergências ganham uma exposição clara e quantificada, apoiando mesmo nos casos em que há um conhecimento prévio sobre as mesmas.

O comprometimento de um ator com determinado objetivo é definido por sua distância projetada no eixo horizontal. No entanto, os limites entre acordo e desacordo em relação a um objetivo não podem ser visualizados no gráfico, o que pode ser resolvido com uma consulta à matriz 2MAO.

Com relação às possíveis alianças e conflitos que podem surgir na evolução do sistema, é importante recorrer aos grafos. Recomenda-se marcar as convergências e divergências mais importantes no Mapa de Atores x Objetivos.

Após análise do posicionamento dos objetivos estratégicos e atores no mapa, que deve ser feita com apoio dos grafos de convergência e divergência e da matriz 2MAO, chegou-se à divisão dos objetivos estratégicos em nove grupos, que devido à proximidade de suas projeções no eixo horizontal, podem ser tratados em conjunto. Os grupos formados estão ilustrados na Figura 4.11.

Grupo 1

Este grupo baseia-se nas alianças entre Procel, Aneel, Escos e Inmetro a fim de que os motores de indução trifásicos comercializados no Brasil sejam cada vez mais eficientes, a nível mundial. Para alcançar esta meta, propõe-se que os objetivos estratégicos *Aumentar a frequência de ajustes nos MEPS*, *Aprimorar relacionamento com fabricantes* e *Desenvolver ligação entre EE e sustentabilidade* sejam tratadas em conjunto pelos atores citados. Em contraposição a estes objetivos, estão os Fabricantes de Motores, que veem dificuldades como complexidade técnica, custo e tempo para adequações para o objetivo principal que é o ajuste sistemático dos MEPS. A decisão em encaixar o objetivo referente à *ligação entre EE e sustentabilidade* busca uma possível “moeda de troca” com os Fabricantes, de forma a atenuar sua oposição aos objetivos estratégicos;

Grupo 2

Este grupo baseia-se na divergência entre o Governo e a Eletrobras a respeito dos recursos necessários para custeio e investimento do Procel. Os objetivos estratégicos propostos para tratamento em conjunto são: *Definir fontes de recurso para o Procel* e *Estabelecer fundos específicos para Programas de Governo*. Dentre os atores, apenas o próprio Procel dispõe de mobilização (implicação + poder, vide matriz 3MAO) suficiente para fazer frente a esta divergência. Um caminho poderia ser buscar recursos destinados a ações de EE, ou mesmo que guardem algum vínculo com ela, desde que provenham de fontes diferentes da Eletrobras. Outro, seria aliar-se a objetivos específicos do Governo, fazendo com que seu interesse pela EE aumente e facilite o direcionamento de recursos;

Grupo 3

Este grupo é representado apenas pelo objetivo estratégico *Acompanhamento da entrega de "usinas virtuais"*. Este objetivo apresenta-se de maneira destacada no mapa de relacionamento entre atores e objetivos por evidenciar o distanciamento do Governo das questões de EE tratadas no sistema estudado e por ser uma espécie de “meio do caminho” ou “elo” entre o Governo e as demais questões centrais aqui tratadas. Este objetivo depende de avanços no desenvolvimento do conceito de *usina virtual* e da consolidação deste conceito como ferramenta nos estudos de planejamento do Setor Elétrico. O Procel é não somente o aliado natural do Governo, mas também o mais provável proponente de uma metodologia que consiga integrar a EE em estudos de planejamento de médio e curto prazo;

Grupo 4

Este grupo envolve os seguintes objetivos estratégicos: *Capacitação do corpo técnico e gerencial do Procel, Aprimorar rede de laboratórios Procel / PBE, Mudanças de padrão ou tecnologia nos MIT, Incentivar pesquisas sobre EE de MIT, Assegurar informação sobre EE ao consumidor e Utilização de fundos do SE para desenvolver a EE*. Para desenvolvê-los em conjunto, pode-se trabalhar por uma aliança entre Procel, Aneel, Inmetro e Escos a fim de direcionar recursos para capacitação laboratorial, de pessoal e pesquisas relacionadas à EE de motores de indução. A Eletrobras deve se mobilizar contra, principalmente em relação à capacitação laboratorial, uma vez que sua política atual não é favorável a grandes investimentos no Procel. No entanto, o uso de fundos do setor elétrico ou o compartilhamento de recursos entre os aliados para um mesmo fim podem ser uma solução. Já o Governo, precisaria “ver” na EE uma solução mais palpável para suas próprias questões;

Grupo 5

Este grupo é formado pelo objetivo estratégico *Realizar pesquisas para modelagem do mercado de EE em MIT*. A pesquisa de mercado mostra-se de grande interesse para as Instituições Financeiras, sendo uma das bases para a análise de risco dos financiamentos às Escos e contratos destas com as Indústrias. O Procel pode encontrar resistências junto à Indústria para a obtenção de informações sobre a posse e uso de MIT, porém em parceria com a Aneel pode-se buscar estas informações em projetos do PEE/Aneel, por meio dos quais as indústrias que foram beneficiadas com estes recursos se dispusessem a contribuir com a pesquisa de mercado;

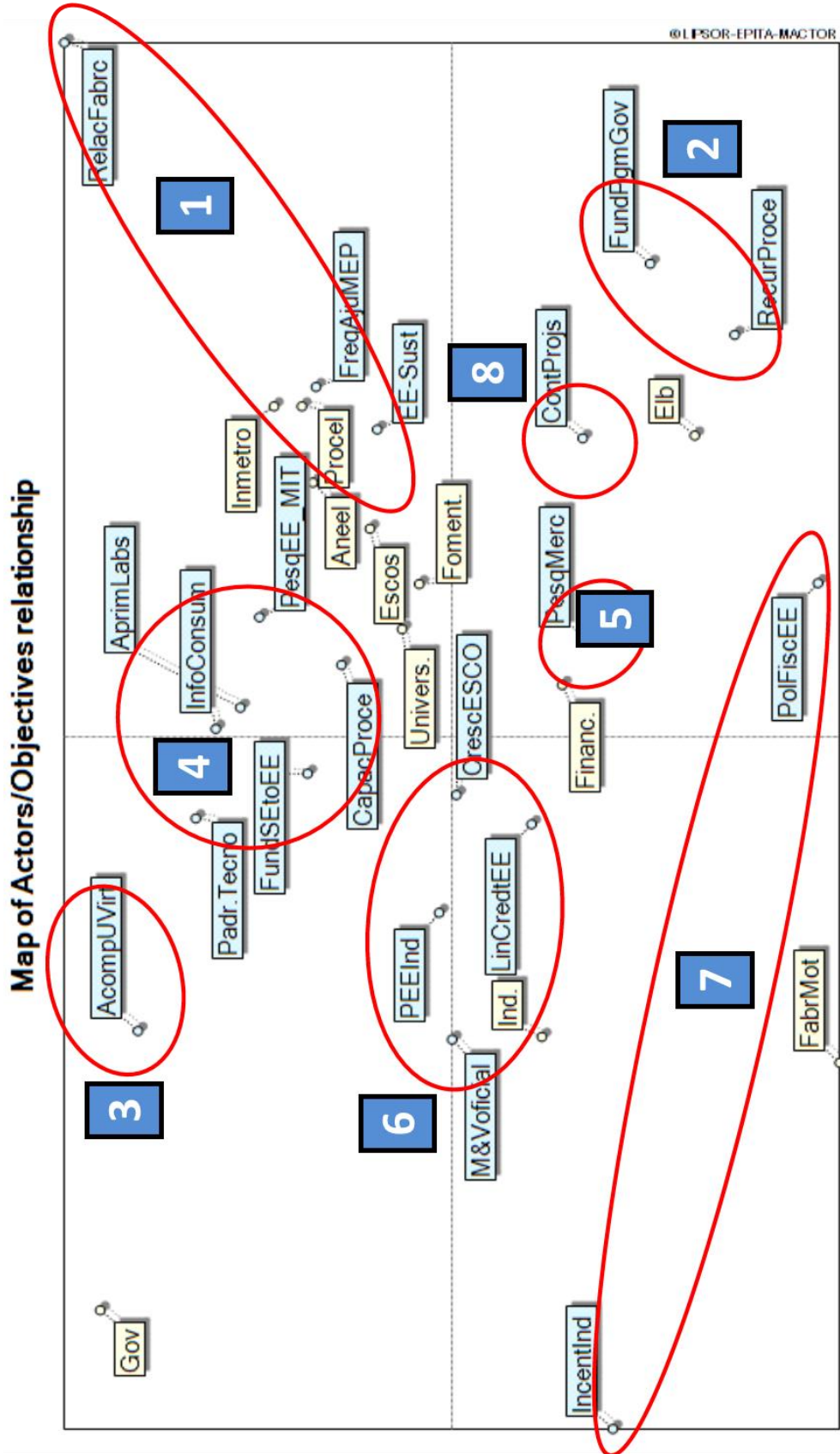


Figura 4.10 – Mapa de relacionamento entre atores e objetivos estratégicos (comentado)

Grupo 6

Este grupo reúne os objetivos estratégicos *Desenvolver metodologia de M&V oficial, Priorizar ações na Indústria no PEE/Aneel, Garantir linhas de crédito para projetos de EE e Incentivar crescimento das Escos*, que podem ser relacionados com a atratividade e a permeabilidade que a EE tem para a Indústria em geral. Pelo mapa, a concepção de uma metodologia de M&V oficialmente utilizada pelo governo é interessante para a Indústria, podendo ser citados ao menos dois motivos para isso: 1) facilitaria o estabelecimento de Leilões de EE; e 2) proveria maior clareza quanto à razão benefício/custo em projetos de EE. Quanto a priorizar a utilização do PEE/Aneel em projetos na Indústria, é uma medida que pode ser vista como um impulso inicial para as ações conjuntas referentes a estes objetivos estratégicos. Assim, uma aliança entre Procel, Aneel e Escos pode ser selada para estes fins; buscam incentivar o desenvolvimento de Escos no país, de forma que atendam à demanda por projetos de EE existente e também possam induzir novas demandas. Estas questões estão fortemente relacionadas e dependentes da participação de Instituições Financeiras, que por meio de aliança incentivada pelo Procel e Aneel poderiam ter maior mobilização neste sentido;

Grupo 7

Os objetivos estratégicos aqui representados são *Estimular a produção industrial com incentivos e Implementar políticas fiscais para EE*. O primeiro representa a sensibilidade do Governo quanto à necessidade de serem criados incentivos para a indústria nacional, devido a adversidades ou ao cumprimento de metas da Economia. Não é bem visto pelo Procel e pelas Escos, que interpretam que os incentivos poderiam, ao menos em parte, ser garantidos pela eficiência no uso da energia. O segundo, sofre por resistências naturais do governo, devido a sua interferência na arrecadação da União. No entanto, esta divergência com o Governo pode ser amenizada por meio de estudos técnico-econômicos, viabilizados por parceria entre as Escos e o Procel. Assim, o Procel precisa fazer com que a EE seja parte dessas medidas, para evitar que outros tipos de que subsídios que possam ser ministrados pelo Governo reduzam a atratividade das ações de EE para a Indústria.

Grupo 8

Grupo composto pelo objetivo estratégico *Garantir continuidade dos projetos*, visando reduzir interrupções ou descontinuidades nas linhas de ação do Procel, que tem como opositores neste objetivo o Governo e a Eletrobras, devido principalmente a mudanças de

gestão e interesses políticos. Este objetivo depende, principalmente, da consolidação da EE no planejamento do setor elétrico e da definição clara de recursos para o programa.

Assim, com a descrição das alianças e conflitos mais importantes para a evolução do sistema, esta etapa dá-se por encerrada. Conclui-se assim a construção da base de estudo e dirige-se à construção dos cenários.

4.5. Impactos cruzados probabilísticos

Consolidada a base para a construção dos cenários, constituída pelas três etapas apresentadas nas seções anteriores deste capítulo, o trabalho a ser desenvolvido nesta seção é atribuir probabilidade de ocorrência aos futuros possíveis, de forma que sejam identificados os mais prováveis. Pode-se também querer saber qual a probabilidade de ocorrência para um determinado cenário, que represente a situação desejada para o futuro. Para isso, parte-se das questões levantadas na etapa anterior, que estão divididas em 8 grupos, os quais passam a se chamar *Dimensões*, representadas na Tabela 4.10.

As dimensões devem ter o maior nível de independência possível. Não convém que sejam tão poucas, a ponto de resultar numa representação pobre e simplificada do sistema, nem tão numerosas, a ponto de tornara análise complexa demais. As dimensões irão consistir num novo e mais alto patamar de informação e aprofundamento das questões relativas ao sistema estudado.

Para aplicação do método de impactos cruzados probabilísticos, é utilizado o *software Smic-Prob-Expert*. Recomenda-se trabalhar com no máximo seis dimensões, não por limitações matemáticas, mas pelo número razoável de questões que se pode entrevistar um especialista. Por exemplo, para seis hipóteses, serão 66 questões, já para 7 hipóteses, 90, conforme detalhamento adiante. A seguir, são examinadas as 8 dimensões e os objetivos estratégicos a elas associados:

Tabela 4.10 – Dimensões do sistema estudado

| Grupo | Objetivos Estratégicos | Dimensão |
|--------------|--|--|
| 1 | - Aumentar a frequência dos ajustes nos MEPS - Aprimorar relacionamento com fabricantes - Desenvolver ligação entre EE e sustentabilidade | Níveis Mínimos de EE |
| 2 | - Definir fontes de recurso para o Procel - Estabelecer fundos específicos para Progs. Governo | Recursos para o Procel |
| 3 | - Encomenda e entrega de "usinas virtuais" | Consolidação da EE ao Planejamento do Setor Elétrico |
| 4 | - Capacitação do corpo técnico e gerencial do Procel - Aprimorar rede de laboratórios Procel / PBE - Mudanças de padrão ou tecnologia nos MIT - Incentivar pesquisas sobre EE de MIT - Assegurar informação sobre EE ao consumidor - Utilização de fundos do SE para desenvolver a EE | Desenvolvimento tecnológico e capacitação |
| 5 | - Realizar pesquisas sobre o mercado de EE | Mapeamento do mercado de EE para posse e uso de motores de indução na indústria. |
| 6 | - Garantir linhas de crédito para projetos de EE - Incentivar crescimento das Escos - Desenvolver metodologia de M&V oficial - Priorizar ações do PEE/Aneel na indústria | Atratividade da EE para a Indústria |
| 7 | - Estimular a produção industrial com incentivos - Implementar políticas fiscais para EE | Sinergia entre políticas fiscais para EE e subsídios para a Indústria |
| 8 | - Garantir continuidade dos projetos | Continuidades das linhas de ação do Procel. |

Estas oito dimensões resultam num total de 120 questões para cada especialista, quando o recomendado é que não se ultrapasse um total de 66 questões. Assim, duas dimensões terão que ser incorporadas por uma ou duas das demais, de forma que haja apenas seis dimensões para elaboração do questionário da análise de impactos cruzados probabilísticos. A seguir, esta possibilidade é analisada:

- O grupo 5 trata do mapeamento do mercado de EE para a posse e uso de motores de indução, que foi tratado à parte devido ao seu posicionamento, devido à sua relação com análises de viabilidade e risco e, conseqüentemente, importante para a obtenção de recursos. No entanto, trata-se também de uma pesquisa científica, podendo ser incorporado ao grupo 4.
- O grupo 8 trata da redução das descontinuidades em projetos e linhas de ação bem sucedidos do Procel. Este objetivo encontra-se no eixo de divergências entre o

Governo e a Eletrobras, e de acordo com a matriz 3MAO, levemente mais grave para o Governo. Assim, pode-se admitir que uma vez inserida no planejamento do Setor Elétrico, a EE e seus projetos deverão ser considerados com maior peso, fazendo parte do conjunto de empreendimentos do qual depende a evolução bem sucedida da matriz energética nacional. Desta forma, pode-se agregar este objetivo ao grupo 3.

Assim, foram redefinidas 6 dimensões, sem perda significativa dos assuntos inerentes a cada uma delas. Esta condensação de dimensões pode ser tanto mais trabalhosa quanto maior for a complexidade do sistema e tanto mais natural quanto tiver sido exaustiva a análise sobre o mapa de relacionamento entre atores e objetivos, desempenhada na etapa anterior. O resultado é apresentado na Tabela 4.11:

Tabela 4.11 – Redução para 6 Dimensões

| Dimensões |
|---|
| 1) Níveis Mínimos de EE para motores de indução |
| 2) Recursos financeiros para o Procel |
| 3) EE no Planejamento do Setor Elétrico |
| 4) Desenvolvimento tecnológico e capacitação profissional |
| 5) EE na Indústria |
| 6) Políticas fiscais para EE |

A cada uma destas dimensões é atribuída uma hipótese, a ser apresentada aos especialistas por meio de um questionário. As respostas são feitas, *grosso modo*, em duas etapas para cada hipótese: 1) atribuição de probabilidade simples à hipótese; 2) atribuição de probabilidade condicional à hipótese para o caso da realização e também para o caso da não realização de cada uma das outras hipóteses restantes.

Assim, o número de respostas que cada especialista terá que fornecer é de 6 respostas para probabilidade simples, mais $6 \times 5 = 30$ respostas para probabilidade condicional de realização de uma hipótese caso cada uma das demais tenham ocorrido, e mais $6 \times 5 = 30$ respostas para probabilidade condicional de realização de uma hipótese caso cada uma das demais não tenham ocorrido. Um total, portanto, de 66 respostas a serem fornecidas. Como são atribuídas respostas binárias às hipóteses, ao fim do processo obtém-se as probabilidades referentes a 2^6 combinações de hipóteses possíveis, ou seja, 64 cenários.

Vale lembrar neste momento que os cenários provenientes das hipóteses atribuídas a cada uma destas dimensões estarão, por consequência da metodologia adotada na dissertação, inseridos dentro de uma perspectiva maior, que são os estudos do PNE 2030. Portanto, como já foi mencionado no início deste capítulo, uma série de fatores como o cenário macroeconômico e a evolução do mercado de energia elétrica na indústria são considerados aqueles apresentados no cenário de interesse, que é o cenário B1 do referido Plano.

A seguir, são descritas as hipóteses referentes a cada uma das 6 dimensões, tal como são apresentadas na consulta aos especialistas, feita por meio de questionário:

Hipótese 1

Procel e Inmetro conseguem conduzir suas atividades junto aos fabricantes de motores de modo que os ajustes dos níveis mínimos de Eficiência Energética nestes equipamentos sejam reajustados pelo menos a cada 4 anos, até equiparar-se aos melhores níveis mínimos mundiais.

Hipótese 2

Governo e a Eletrobras entram em acordo respeito do montante de recursos necessários para custeio e investimentos do Procel e da origem dos mesmos.

Hipótese 3

Após realização dos estudos técnicos necessários, a Eficiência Energética é consolidada como parte dos estudos de planejamento do Setor Elétrico por meio de metodologias que deduzem de forma satisfatória a quantidade de “usinas virtuais construídas” por meio de ações do Procel e PEE/Aneel.

Hipótese 4

Os recursos necessários à capacitação de pessoal, infraestrutura laboratorial e pesquisas técnicas e de mercado sobre Eficiência Energética em motores de indução são aplicados com base em um planejamento das ações de Eficiência Energética.

Hipótese 5

Uma maior facilidade de obtenção de financiamento para projetos de Eficiência Energética aquece o mercado de serviços de conservação de energia (representado por serviços prestados por Escos), graças ao desenvolvimento de metodologias de medição e verificação (M&V) e

de modalidades de contratos de performance consideradas robustas por grande parte dos agentes do setor.

Hipótese 6

O desenvolvimento de políticas fiscais que beneficiem a Eficiência Energética permite ao Governo ver, de forma mais clara, a Eficiência Energética como meio para incentivar a produção industrial, fazendo-o dar maior prioridade a este tipo de ação e tornando-o um incentivo basal (prioritário) à produção industrial.

A Figura 4.11 ilustra o exemplo de preenchimento e o quadro de respostas enviados aos especialistas:



Figura 4.11 – Quadro de respostas e exemplo enviados aos especialistas

Os questionários foram enviados a 25 especialistas da área de Eficiência Energética, tendo sido obtidas 14 respostas. Para o aproveitamento das respostas, foi considerado o erro médio quadrático calculado pelo *Smic-Prob-Expert*, que indica um limite máximo de 0,2. Assim, foram utilizadas 9 avaliações de especialistas para estimar a probabilidade dos cenários.

Dentre as avaliações utilizadas, estão as de: 2 técnicos especialistas em eficiência energética; 3 engenheiros do Selo Procel; 1 executivo da área de eficiência energética; 1 executivo do setor elétrico; 1 consultor em eficiência energética; e 1 empresário atuante na área de

eficiência energética. Os resultados das probabilidades para cada cenário podem ser verificados na Figura 4.12.

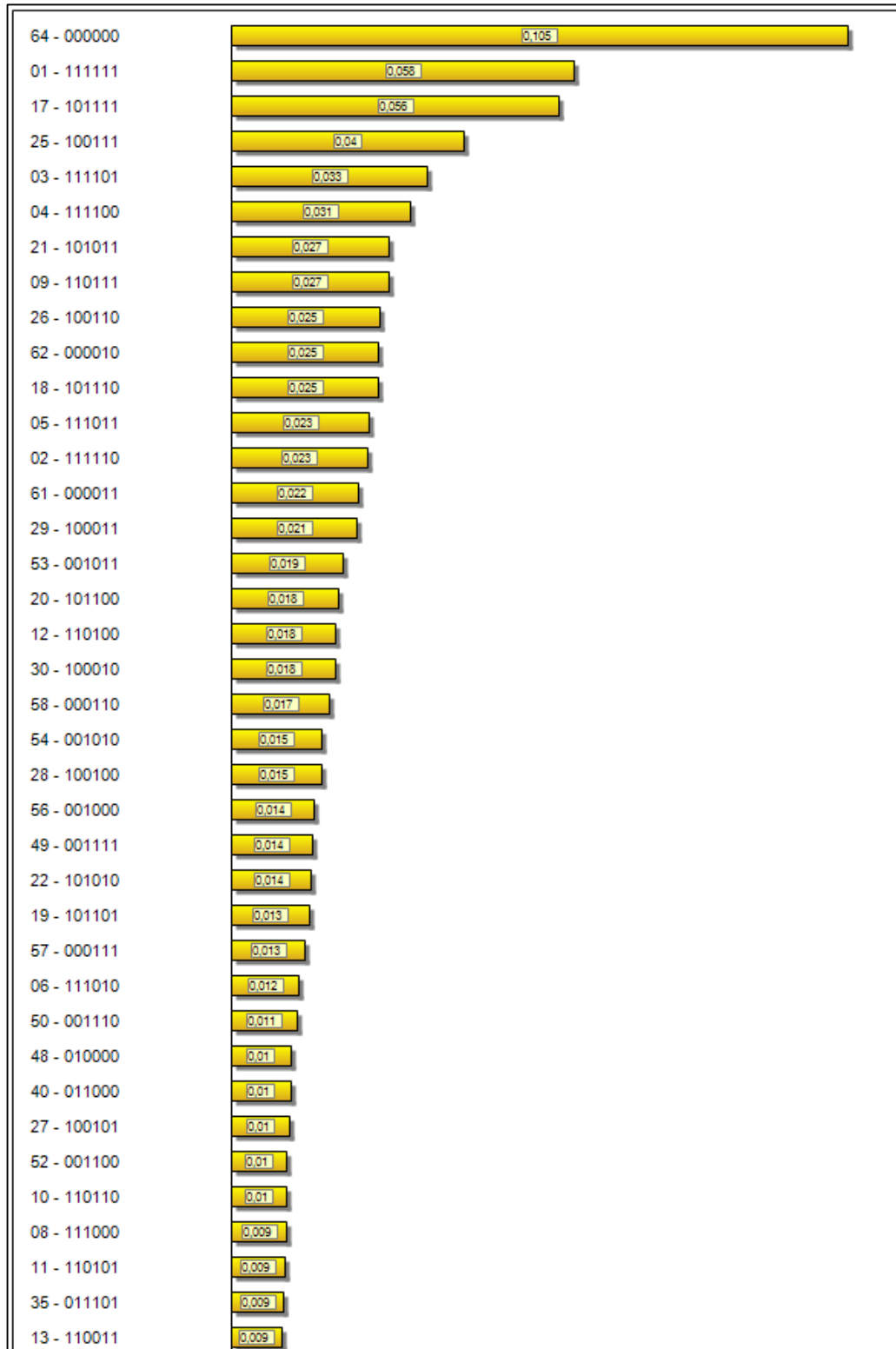


Figura 4.12 – Histograma de probabilidades dos cenários

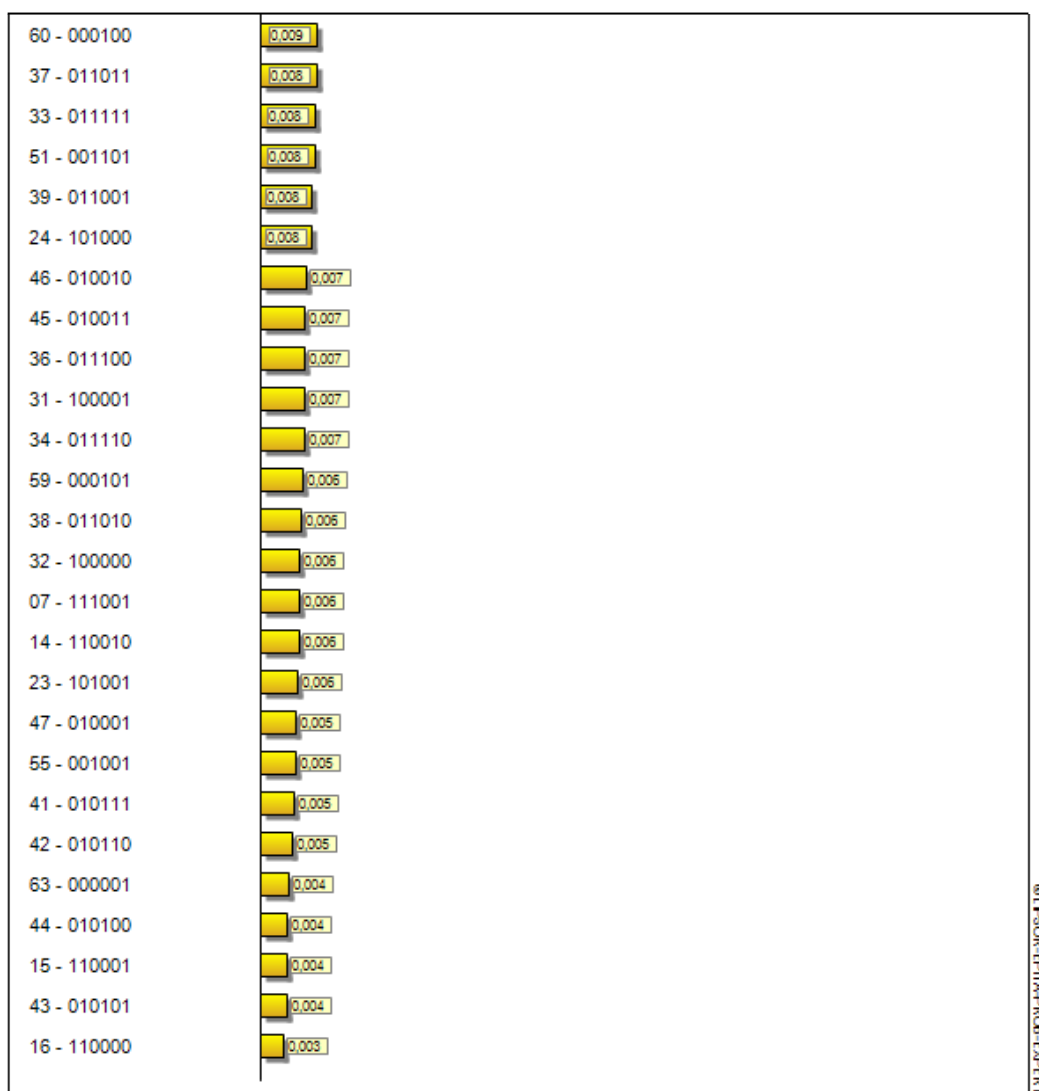


Figura 4.12 – Histograma de probabilidades dos cenários (continuação)

4.5.1. Escolha dos Cenários

Dos 64 cenários possíveis, são considerados os cinco cenários com maior probabilidade de ocorrência para serem descritos quantitativa e qualitativamente e estimar o potencial de economia de cada um. Dentre estes cinco cenários estão, por acaso, o cenário desejado e pior cenário e, portanto não é necessário realizar análises adicionais para conhecer o cenário desejado e o pior cenário. Dentro de um processo de planejamento estratégico, a avaliação do cenário desejado é de suma importância, juntamente com a análise de sensibilidade das hipóteses.

Em conjunto, estes cenários representam 29,2% do campo de possibilidades. Para uma avaliação estratégica mais abrangente, outros cenários devem ser considerados para descrição. Os cinco cenários são:

- Cenário 64 (000000): é o cenário mais provável, com 10,5% de probabilidade de ocorrência. Trata-se também do pior cenário, onde nenhuma das hipóteses ocorre;
- Cenário 01 (111111): o segundo cenário mais provável é o cenário desejado, com 5,8% de probabilidade de ocorrência. Neste cenário, considera-se que todas as hipóteses ocorrem;
- Cenário 17 (101111): em seguida, com 5,6% de probabilidade de ocorrência, está um cenário em que apenas a hipótese H2 não ocorre;
- Cenário 25 (100111): o quarto cenário a ser analisado possui uma probabilidade de 4,0% de ocorrência. Nele, não ocorrem as hipóteses H2 e H3;
- Cenário 03 (111101): no quinto e último cenário, que possui uma probabilidade de ocorrência de 3,3%, não há ocorrência da Hipótese H5.

Antes de descrever quantitativa e qualitativa detalhada de cada cenário é necessário realizar uma análise de sensibilidade das hipóteses umas em relação às outras.

4.5.2. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade busca estimar a variação ΔP_j da probabilidade P_j , referente a um acontecimento j , em função de uma variação ΔP_i da probabilidade P_i , referente a um acontecimento i . Os resultados apresentam-se na forma de coeficientes de elasticidade, calculados conforme a Equação 4.1 apresentada a seguir:

$$e_{ij} = \frac{P(i) \cdot \Delta P(j)}{P(j) \cdot \Delta P(i)} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Os coeficientes de elasticidade indicam o efeito que tem um acontecimento i sobre um acontecimento j . Assim, constrói-se uma matriz de elasticidade na qual os totais de cada linha resultam, para uma variação percentual da probabilidade do acontecimento i , nas somas em valor absoluto das variações relativas às influências induzidas sobre as demais hipóteses. Esta soma traduz, de alguma maneira, na motricidade da hipótese i sobre as outras. De maneira semelhante, as somas nas colunas representam as dependências das hipóteses j . A análise de

sensibilidade indica quais hipóteses que devem ser favorecidas ou evitadas para que o sistema estudado se desenvolva no sentido desejado.

Tabela 4.12 - Matriz de Sensibilidade relativa entre as hipóteses

| | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | Soma absoluta (influência de H_i sobre H_j) |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| H1 | 1 | -0,016 | -0,08 | 0,002 | -0,09 | -0,073 | 0,261 |
| H2 | -0,074 | 1 | -0,058 | -0,069 | -0,117 | -0,069 | 0,387 |
| H3 | -0,094 | -0,053 | 1 | -0,09 | -0,139 | -0,097 | 0,473 |
| H4 | -0,062 | -0,068 | -0,119 | 1 | -0,163 | -0,11 | 0,521 |
| H5 | -0,101 | -0,199 | -0,155 | -0,151 | 1 | -0,052 | 0,659 |
| H6 | -0,086 | -0,106 | -0,088 | -0,102 | -0,073 | 1 | 0,455 |
| Soma absoluta (dependência de H_j em relação a H_i) | 0,417 | 0,442 | 0,5 | 0,415 | 0,582 | 0,4 | 0 |

Em cada linha podem ser observadas as influências de cada Hipótese i em relação a cada uma das Hipóteses j . A última coluna relaciona as somas absolutas das influências exercidas por cada Hipótese, revelando as mais e as menos influentes.

Do ponto de vista de cada uma das colunas, estão as influências sofridas por cada uma das Hipóteses j em relação às Hipóteses i . Na base de cada coluna, estão as influências totais sofridas por cada hipótese em relação ao conjunto das demais Hipóteses.

A partir desta matriz fornecida pelo *Smic-Prob-Expert*, propõe-se um sistema de quantificação dos cenários, que passa a ser descrito a seguir e é composto basicamente por três partes:

1. Escala de Níveis de Influências
2. Matriz de Quantificação das Influências
3. Quadro de Hipóteses Quantificadas

O primeiro item proposto apresenta uma escala que permite classificar a influência que sofre cada hipótese H_j segundo uma escala que tem como valor máximo sua dependência total em relação às demais (ou seja, a Soma Absoluta – dependência de H_j em relação a H_i da Tabela 4.12). Nesta classificação, propõe-se classificar as influências em um determinado cenário em 3faixas:

- \emptyset - não é considerado que haja influência
- Baixa Influência
- Alta Influência

Em um determinado cenário, se uma determinada Hipótese H_n não ocorre, deve-se recorrer à Matriz de sensibilidade para saber os coeficientes de influência desta em relação às demais. Se mais de uma Hipótese não ocorre em um determinado cenário, então as influências destas sobre as demais devem se somar. A partir destes valores, utiliza-se então a Escala de Quantificação das Influências, apresentada a seguir:

Tabela 4.13 - Escala de Quantificação de Influências

| Hipótese | \emptyset | Baixa | Alta | Influência Total |
|----------|-------------|----------------|----------------|------------------|
| H1 | de 0 a 13,9 | de 14,0 a 27,8 | de 27,9 a 41,7 | 41,7 |
| H2 | de 0 a 14,7 | de 14,8 a 29,5 | de 29,6 a 44,2 | 44,2 |
| H3 | de 0 a 16,7 | de 16,8 a 33,3 | de 33,4 a 50,0 | 50,0 |
| H4 | de 0 a 13,8 | de 13,9 a 27,7 | de 27,8 a 41,5 | 41,5 |
| H5 | de 0 a 19,4 | de 19,5 a 38,8 | de 38,9 a 58,2 | 58,2 |
| H6 | de 0 a 13,3 | de 13,4 a 26,7 | de 26,8 a 40,0 | 40,0 |

Se uma determinada hipótese recebe uma influência “alta” em um determinado cenário, devido à não ocorrência de uma ou mais das demais hipóteses, não se deve atribuir a ela a maior quantificação possível, mesmo que o valor desta hipótese no cenário seja “1” (ocorre / verdadeiro). No outro extremo, há o caso em que a influência recebida por uma Hipótese devido à não ocorrência de uma outra tem valor irrisório ou nulo, sendo representada pelo símbolo “ \emptyset ”. O mesmo vale para as hipóteses que recebem uma influência “baixa” em determinado cenário. Assim, quando da não ocorrência de uma ou mais hipóteses, todas as demais com valor “1” têm que ser quantificadas de forma diferenciada, segundo os níveis de influência recebidos.

Assim, a associação entre a Escala de Mensuração de Influências das Hipóteses e o Quadro de Quantificação e Qualificação das Hipóteses segundo Influências é apresentada na Tabela 4.14 a seguir:

Tabela 4.14 – Relação entre as tabelas 4.12 e 4.13

| Nível de Influência | | Quantificação da Hipótese |
|---------------------|---|---------------------------|
| \emptyset | → | Máxima |
| Baixo | → | Média |
| Alto | → | Mínima |

Tabela 4.15 - Matriz de Quantificação das Hipóteses segundo Influências

| Hipóteses | Quantificação e Qualificação das Hipóteses | | | |
|-----------|---|---|---|---|
| | Máxima | Média | Mínima | Não Ocorre |
| H1 | Definição IE3 em 2014 Passagem IE3 em 2018 Definição IE4 em 2021 Passagem IE4 em 2025 Definição IE5 em 2027 Passagem IE5 em 2030 | Definição IE3 em 2015 Passagem IE3 em 2019 Definição IE4 em 2022 Passagem IE4 em 2026 Definição IE5 em 2028 | Definição ICOBEI em 2015 Passagem ICOBEI em 2019 Definição IE4 em 2025 Passagem IE4 em 2029 | Definição ICOBEI em 2015 Passagem ICOBEI em 2019 Definição ICOBEI+ em 2025 Passagem ICOBEI+ em 2029 ☐ |
| H2 | Governo e Eletrobras entram em acordo a respeito do montante e origem dos recursos necessários para o Procel. | Governo e Eletrobras entram em acordo a respeito de parte do montante e origem dos recursos necessários para o Procel. | A origem deverá ser negociada pela Eletrobras periodicamente junto a outros agente do ramo da EE. | Governo e Eletrobras não entram em acordo a respeito do montante e origem dos recursos necessários para o Procel. |
| H3 | Metodologia desenvolvida e incorporada ao Planejamento do Setor Elétrico. | Metodologia em desenvolvimento para ser incorporada ao Planejamento do Setor Elétrico. | Metodologia não desenvolvida, mas em vias de obter aprovação para o desenvolvimento. | Metodologia não considerada por nenhuma das partes. |
| H4 | Há recursos suficientes para infraestrutura, operação e pesquisa. | Há recursos suficientes apenas para para infraestrutura, operação. | Há recursos suficientes apenas para para infraestrutura, operação. Não há recursos para pesquisa. | Não há recursos. |
| H5 | Desenvolvidas metodologias e norma para M&V, facilitando empréstimos e estabelecido contrato padrão para projetos de Eficiência. | Desenvolvida metodologia e norma para M&V, facilitados empréstimos para projetos de Eficiência. | Desenvolvida metodologia e norma para M&V. | Não há progresso nesta vertente. |
| H6 | Vendas com Selo (MITs mais eficientes de cada faixa de potência) aumenta em 30% devido a políticas de incentivo à EE. | Vendas com Selo (MITs mais eficientes de cada faixa de potência) aumenta em 20% devido a políticas de incentivo à EE. | Vendas com Selo (MITs mais eficientes de cada faixa de potência) aumenta em 10% devido a políticas de incentivo à EE. | Não há políticas adicionais de incentivo para vender MITs eficientes. |

O significado dos índices referentes à hipótese H1 e seus valores estão apresentados no capítulo seguinte. A coluna “Não Ocorre” também é apresentada na Tabela 4.15, a fim de ilustrar a quantificação a ser atribuída a uma hipótese quando seu valor é “falso” ou “0” em um determinado cenário.

Com relação ao desenvolvimento de políticas públicas de incentivo à EE, representado pela hipótese H6, foram utilizados fatores de 0, 10, 20 ou 30% para representar as quantificações da hipótese H6, respectivamente, aos níveis nulo, baixo, médio e alto. Estes fatores visam apenas a gerar uma diferenciação quantitativa para esta hipótese.

Tabela 4.16 - Nível de Influências das Hipóteses em cada Cenário

| Cenário | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | H6 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 64 - 000000 | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 01 - 111111 | ∅ | NA | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 17 - 101111 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 25 - 100111 | baixa | NA | NA | baixa | baixa | baixa |
| 03 - 111101 | ∅ | baixa | ∅ | baixa | NA | ∅ |
| 04 - 111100 | baixa | alta | baixa | baixa | NA | NA |
| 09 - 110111 | ∅ | ∅ | NA | ∅ | ∅ | ∅ |
| 21 - 101011 | ∅ | NA | baixa | NA | baixa | baixa |
| 18 - 101110 | baixa | NA | ∅ | baixa | ∅ | NA |
| 26 - 100110 | baixa | NA | NA | baixa | baixa | NA |
| 62 - 000010 | ∅ | ∅ | ∅ | NA | ∅ | ∅ |
| 02 - 111110 | NA | NA | NA | NA | alta | NA |
| 05 - 111011 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | NA |
| 61 - 000011 | NA | NA | NA | NA | alta | alta |
| 29 - 100011 | baixa | NA | NA | NA | alta | alta |
| 53 - 001011 | baixa | NA | baixa | alta | NA | NA |
| 12 - 110100 | NA | NA | baixa | NA | baixa | baixa |
| 20 - 101100 | alta | alta | NA | alta | NA | NA |
| 30 - 100010 | alta | NA | NA | NA | alta | NA |
| 58 - 000110 | NA | NA | alta | NA | alta | NA |
| 28 - 100100 | NA | NA | ∅ | ∅ | baixa | baixa |
| 54 - 001010 | NA | NA | NA | baixa | alta | NA |
| 22 - 101010 | baixa | NA | baixa | NA | baixa | NA |
| 49 - 001111 | alta | NA | NA | alta | NA | NA |
| 56 - 001000 | baixa | NA | baixa | baixa | NA | ∅ |
| 19 - 101101 | baixa | alta | alta | NA | NA | NA |
| 57 - 000111 | baixa | baixa | baixa | NA | baixa | NA |
| 06 - 111010 | NA | NA | NA | baixa | baixa | baixa |
| 50 - 001110 | baixa | baixa | NA | baixa | baixa | NA |
| 10 - 110110 | NA | NA | baixa | baixa | baixa | NA |
| 27 - 100101 | NA | alta | alta | NA | NA | NA |
| 40 - 011000 | NA | NA | alta | alta | NA | NA |
| 48 - 010000 | baixa | baixa | NA | baixa | NA | baixa |
| 52 - 001100 | baixa | NA | NA | alta | NA | baixa |
| 08 - 111000 | NA | baixa | baixa | baixa | NA | ∅ |
| 11 - 110101 | NA | NA | alta | NA | NA | NA |
| 13 - 110011 | NA | baixa | NA | NA | alta | NA |
| 35 - 011101 | baixa | ∅ | NA | NA | baixa | baixa |
| 60 - 000100 | NA | baixa | alta | NA | NA | baixa |
| 24 - 101000 | NA | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 33 - 011111 | NA | NA | NA | alta | NA | NA |
| 37 - 011011 | NA | ∅ | baixa | NA | baixa | baixa |
| 39 - 011001 | NA | NA | baixa | baixa | NA | baixa |
| 51 - 001101 | NA | ∅ | NA | NA | alta | alta |
| 31 - 100001 | alta | NA | NA | NA | NA | alta |
| 34 - 011110 | NA | alta | NA | NA | NA | NA |
| 36 - 011100 | NA | ∅ | baixa | ∅ | ∅ | NA |
| 45 - 010011 | alta | NA | alta | NA | NA | NA |
| 46 - 010010 | alta | NA | NA | NA | NA | NA |
| 07 - 111001 | NA | alta | baixa | baixa | NA | NA |
| 14 - 110010 | NA | baixa | baixa | NA | baixa | NA |
| 23 - 101001 | NA | NA | alta | NA | NA | alta |
| 32 - 100000 | baixa | baixa | baixa | NA | NA | baixa |
| 38 - 011010 | baixa | baixa | NA | NA | baixa | NA |
| 59 - 000101 | baixa | NA | baixa | NA | NA | baixa |
| 41 - 010111 | NA | ∅ | NA | ∅ | baixa | baixa |
| 42 - 010110 | NA | NA | NA | alta | NA | alta |
| 47 - 010001 | NA | baixa | NA | baixa | NA | baixa |
| 55 - 001001 | NA | baixa | NA | baixa | baixa | NA |
| 15 - 110001 | NA | alta | NA | alta | NA | NA |
| 43 - 010101 | baixa | alta | NA | NA | NA | baixa |
| 44 - 010100 | NA | NA | NA | NA | NA | alta |
| 63 - 000001 | NA | alta | NA | NA | NA | alta |
| 16 - 110000 | alta | alta | NA | NA | NA | NA |

A partir deste sistema é possível descrever a lógica de cada cenário, inferindo sobre as razões e efeitos resultantes das combinações das diversas hipóteses e quantificações possíveis. A Tabela 4.17 apresenta uma forma mais resumida e orientada para as Hipóteses quantitativas que o histograma apresentado anteriormente na Figura 4.12.

Tabela 4.17 – Probabilidade dos cenários segundo quantificação de H1 e H6

| Quantificação de H1 | Quantificação de H6 | Probabilidade (%) |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| 0 | 0 | 26,20 |
| 0 | máxima | 1,70 |
| 0 | média | 8,20 |
| 0 | min | 4,80 |
| máxima | 0 | 2,20 |
| máxima | máxima | 19,50 |
| máxima | média | 2,70 |
| máxima | min | 0,00 |
| média | 0 | 15,70 |
| média | máxima | 1,30 |
| média | média | 8,60 |
| média | min | 2,20 |
| min | 0 | 6,20 |
| min | máxima | 0,00 |
| min | média | 0,00 |
| min | min | 0,70 |

Da Tabela 4.17, pode-se retirar algumas informações importantes. Por exemplo, a probabilidade de ocorrência de um cenário em que a Hipótese H1 tem o pior resultado possível é de 40,9%. Já as chances de ocorrência de um cenário com o melhor resultado possível para H1 é de 24,4%. Resultados intermediários de H1, ou seja, com a atribuição de valores médio ou mínimo provenientes do Quadro de Quantificação e Qualificação de Hipóteses, têm a probabilidade de ocorrência de 34,7%.

O mesmo raciocínio pode ser feito com a Hipótese H6. Um maior aprofundamento na compreensão destes resultados é possível com o cálculo da economia de energia estimada para os principais cenários, apresentado no capítulo a seguir.

A partir da análise de sensibilidade resultante do método de impactos cruzados e do método de quantificação/qualificação proposto, procede-se à descrição detalhada dos cenários.

4.5.3. Descrição dos Cenários

A seguir, são descritos os cinco cenários escolhidos:

a) Cenário 64 - (000000)

Problemas na condução dos ajustes dos níveis mínimos de eficiência energética de motores, decorrentes da falta de soluções apresentadas pelos programas de governo Procel e PBE para transpor as barreiras técnicas apresentadas pelos fabricantes de motores, causando atrasos consecutivos nas homologações de novos índices, fazendo com que os avanços realizados a nível mundial fiquem mais distantes. No horizonte estudado, as mudanças esperadas para os MEPS de MIT são:

- 2015: homologação do novo índice COBEI
- 2019: limite para fabricantes migrarem integralmente para o novo índice COBEI
- 2025: homologação do índice COBEI+
- 2029: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice COBEI+

O Governo e a Eletrobras não encerram o impasse a respeito dos recursos para custeio e investimentos do Procel, o que resulta em dificuldades para a realização de pesquisas essenciais para a condução do programa, como por exemplo, pesquisas de mapeamento do mercado. Os projetos do PNEf têm dificuldades em sair do papel. Não há mesmo mobilização para que novos parceiros no Governo possam arcar com o custeio do Programa.

Infraestrutura e capacitação de pessoal recebem recursos aquém da média histórica do Procel. Sem recursos para pesquisa e desenvolvimento, a tentativa de tornar a eficiência energética mais atrativa para o governo por meio do desenvolvimento e aplicação de metodologias de mensuração de energia economizada em projetos de eficiência energética do Procel, PEE e PBE, tal como utilizar a “*construção de usinas virtuais*” no planejamento do Setor Elétrico, fracassam.

A distância do Governo, a falta de recursos e a falta de apoio institucional não permitem que o Procel se mobilize para sensibilizar parceiros para fomentar o mercado de eficiência energética. Pelos mesmos motivos, não há desenvolvimento de políticas fiscais para aumentar a quantidade de projetos de eficiência executados. A grande maioria dos projetos não é avaliada nem possuem resultados consolidados.

b) Cenário 01 - (111111)

O Procel consegue, em parceria com o Inmetro, vencer barreiras junto aos Fabricantes de Motores e implementar uma forma de participação mais técnica nas negociações referentes ao aumento dos níveis mínimos de eficiência energética. As oposições dos fabricantes em termos de custo, prazo para implementação e barreiras técnicas passam a ser discutidas de forma mais aprofundada do ponto de vista técnico pelos programas de governo. Com isso, as revisões dos índices de eficiência energética passam a ser homologadas com maior agilidade, com o objetivo claro de atingir o mais rapidamente possível o mesmo patamar que os melhores MEPS mundiais. No horizonte estudado, as mudanças esperadas para os MEPS de MIT são:

- 2014: homologação de novo índice, equivalente ao IE3
- 2018: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice IE3
- 2021: homologação de novo índice, equivalente ao IE4
- 2025: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice IE4
- 2027: homologação de novo índice, equivalente ao IE5
- 2030: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice IE5

O acordo entre o Governo e a Eletrobras sobre os recursos necessários para executar as várias linhas de ação referentes à eficiência energética no uso de motores na indústria permite que fundos existentes do Setor Elétrico e de agentes parceiros como a Aneel, por meio do seu Programa de Eficiência Energética, sejam suficientes para o custeio e parte dos investimentos no Procel.

Um dos fatores preponderantes para aproximar o Governo das ações de eficiência energética foi o desenvolvimento, com recursos do Procel e PEE/Aneel, de metodologia que estima a economia de energia obtida em projetos de eficiência na indústria. O Governo confia na metodologia e passa a ver a eficiência energética como meio para a “*construção de usinas virtuais*”, o que faz dela uma importante ferramenta no planejamento do Setor Elétrico, agindo diretamente nas curvas de crescimento do mercado de energia elétrica.

Muito disto se deve ao desenvolvimento de uma rede integrada de pesquisa e capacitação, que dá o suporte técnico necessário ao desenvolvimento de metodologias e pesquisas de apoio, tecnológicas e de mercado, às ações de eficiência energética.

Para desenvolver e dar autonomia ao mercado de eficiência energética, foram utilizados recursos do PEE/Aneel e do Procel para incentivar o crescimento das Escos. Com isto, foi possível gerar um aumento no número de projetos de eficiência na indústria, elevando o percentual de motores eficientes e ajustes de dimensionamento, melhorando o perfil de carregamento, ou seja, aproveitando mais ativamente o potencial de eficiência energética na indústria.

Por fim, sensibilizado pelas ações e resultados da Eficiência Energética, o Governo passou a conceder incentivos à indústria prioritariamente por meio de projetos de eficiência, o que gerou um aumento de 30% na venda dos modelos de motores mais eficientes de cada categoria.

c) Cenário 17 - (101111)

Este cenário diferencia-se do Cenário 01 (111111) pela não ocorrência da hipótese H2. Devido à baixa influência que H2 tem sobre as demais, considera-se que não há impactos sobre os aspectos quantitativos deste cenário em relação a H1 e H6, sendo utilizados os mesmos parâmetros já apresentados no Cenário 01.

Não há acordo entre o Governo e a Eletrobras sobre os recursos necessários para executar as várias linhas de ação referentes à eficiência energética, devido à não ocorrência de H2. No entanto, pela ocorrência plena (sem influência negativa) de H3, ou seja, O Governo confia na metodologia e passa a ver a eficiência energética como meio para a “*construção de usinas virtuais*”, pode-se deduzir que há forte aproximação entre Governo e Eficiência Energética. Ainda, pela ocorrência plena de H5 e H6, deduz-se que há também parceria com a indústria em prol da Eficiência Energética e há interesse do Governo em torná-la um incentivo basal para o setor industrial. Portanto, embora não haja um acordo entre Governo e Eletrobras a respeito dos recursos do Procel, este cenário nos mostra que é verossímil (5,6% de probabilidade de ocorrência) uma solução mista entre órgãos ligados ao Governo (e provavelmente à Eficiência Energética) e iniciativa privada para condução dos assuntos referentes à Eficiência Energética.

d) Cenário 25 - (100111)

Este cenário diferencia-se do cenário anterior pela adição da não ocorrência da hipótese H3. Diferentemente do cenário 17, descrito anteriormente, há influências em função da não ocorrência das hipóteses H2 e H3. Assim, neste cenário, as hipóteses H1, H4, H5 e H6 não atingem seus valores plenos. Pela influência, ainda que baixa (conforme já apresentado na Tabela 4.16), estima-se que os valores de ajuste dos MEPS ocorram da seguinte forma:

- 2015: homologação de novo índice, equivalente ao IE3
- 2019: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice IE3
- 2022: homologação de novo índice, equivalente ao IE4
- 2026: limite para fabricantes migrarem integralmente para o índice IE4
- 2028: homologação de novo índice, equivalente ao IE5

Este cenário mostra um afastamento do Governo da gestão direta das questões de Eficiência Energética. Não se pensa, neste caso, em um desleixe do Governo, pois as questões referentes à infraestrutura, capacitação de pessoal estão sendo executadas. No entanto, a parte de P&D carece de maior apoio financeiro, subsistindo apenas devido aos recursos como o PEE/Aneel e outros similares.

Esta opção do Governo por uma Eficiência Energética capitaneada pelo mercado apresenta-se de forma insuficiente, pois o mercado de Escos necessita de um suporte maior de normatização e confiabilidade das metodologias para calcular a energia não utilizada. Mesmo assim, esta vertente de desenvolvimento da Eficiência Energética adotada pelo Governo, mais voltada ao mercado, facilitou a concessão de incentivos à indústria por meio de projetos de eficiência, o que gerou um aumento de 20% na venda dos modelos de motores mais eficientes de cada categoria.

e) Cenário 03 (111101)

Neste cenário, não há esforços para o desenvolvimento de um mercado de Escos. Isto impacta, de forma leve, no acordo entre Governo e Eletrobras sobre os recursos do Procel, representado pela hipótese H2, e na obtenção de recursos para infraestrutura, capacitação e P&D, representada pela hipótese H4.

A análise deste cenário mostra interessante não pela estimativa de economia de energia que pode trazer, que é igual à do cenário 01, mas pelo exercício que nos faz atentar para relações causa e efeito que não se dão no sentido mais óbvio. A hipótese H5 é a mais influente do sistema estudado, o que a faz ser estratégica frente às outras hipóteses do sistema. Assim, dedicar linhas de ação de um plano estratégico que priorizem, ao menos inicialmente, as variáveis envolvidas em uma hipótese influente como essa, podem ser cruciais para obtenção de recursos para custeio, pesquisa e capacitação.

4.6. Considerações Finais

O processo até aqui conduzido permitiu que fossem descritos cenários com base na evolução das variáveis e dos atores chave para o sistema estudado. Deve ser ressaltado que desde as primeiras etapas até a descrição dos cenários, as questões mais importantes para o aumento dos índices mínimos de eficiência energética de motores de indução foram continuamente selecionadas e aprofundadas em conteúdo.

O processo exige análise detalhada de cada etapa, sendo necessária a retenção dos raciocínios e das conclusões obtidas para seguir adiante, a cada etapa, com um nível de aprofundamento maior no sistema estudado, ainda que se concentrando nas dimensões mais importantes. De início, foram tomadas cerca de 50 variáveis para descrever o sistema e seu ambiente e, ao final, a essência do sistema deve estar bem representada por 6 dimensões.

Pode-se dizer que a análise do mapa de interação entre atores e objetivos e a definição das dimensões são as etapas mais trabalhosas da metodologia de Godet, juntamente com a elaboração do questionário do método de impactos cruzados probabilísticos, que deve ser bem preparado para ser respondido com alto nível de coerência.

Para poder descrever e quantificar o que acontece em cada um dos 64 cenários resultantes do método *Smic-Prob-Expert*, optou-se por criar um sistema baseado na Matriz de Sensibilidade. Destes cenários, cinco foram escolhidos para aprofundamento, representando 29,2% do campo de possibilidades.

5. Energia Economizada por Cenário

5.1. Considerações Iniciais

Tendo sido concluídos os trabalhos referentes ao *Módulo de Cenários*, na sequência da metodologia proposta por esta dissertação chega a vez da execução dos dois últimos módulos: o *Módulo de Previsão de Vendas de Motores* e o *Módulo de Economia de Energia*.

O módulo de vendas busca utilizar os dados contidos no PNE 2030 (EPE, 2008) da forma mais adequada ao sistema estudado, que é focado na utilização de motores na indústria. Assim, busca-se aproveitar todos os dados disponíveis no PNE referentes à indústria, sejam eles técnicos ou econômicos, de forma que as previsões feitas sejam as mais adequadas. Para isso, as previsões de consumo de eletricidade utilizadas são as específicas da indústria, assim como as previsões econômicas são as que fornecem o maior detalhe disponível sobre o investimento na produção industrial, que é a Taxa de Investimento.

Para os assuntos tratados pelo módulo que calcula a economia de energia, tomou-se como base a metodologia de avaliação utilizada pelo Procel para cálculo dos resultados referentes ao Selo Procel, desenvolvida por Nogueira *et alii* (2009; 2010) e o contexto atual da evolução dos índices de eficiência energética de motores de indução no Brasil apresentado por Soares, Costa, Santos *et alii* (2013). Por meio deste trabalho, realizado pela Universidade Federal de Itajubá por encomenda da Eletrobras, foi reunida uma gama de dados importantes para precisão e robustez da metodologia, detalhados por número de polos e faixa de potência.

Foram também utilizados como referência trabalhos focados na evolução dos índices mínimos de eficiência energética em motores no mundo, como os de Petro (2013), Tokoi (2013), Agamloh (2013) e Shibata (2013), de forma a considerar nos cenários apresentados as evoluções tecnológicas em vista e, conseqüentemente, estimar os benefícios trazidos.

5.2. Previsão de vendas de motores

A aplicação da metodologia inicia-se com a coleta dos dados das séries históricas necessárias, apresentadas no Capítulo 3: venda de motores de indução trifásicos, consumo de eletricidade na indústria e formação bruta de capital fixo¹¹. Foram considerados os dados disponíveis a

¹¹ A série histórica de FBCF, disponibilizada pelo IBGE, teve que passar por atualizações de moeda e correção financeira.

partir de 1980, por coincidir com o início da série histórica de venda de motores de indução trifásicos, divulgado pela ABINEE. A Tabela 5.1 apresenta os valores:

Tabela 5.1 – Séries históricas utilizadas para cálculo de α e β

| Ano | Consumo Industrial (GWh) | Formação Bruta de Capital Fixo (Milhões de R\$) | Venda de motores de indução trifásicos (unidades) |
|------------|---------------------------------|--|--|
| 1980 | 68.662 | R\$ 254.746,89 | 663.470 |
| 1981 | 68.079 | R\$ 257.451,80 | 545.196 |
| 1982 | 70.833 | R\$ 241.194,09 | 354.120 |
| 1983 | 75.536 | R\$ 177.611,24 | 344.730 |
| 1984 | 87.189 | R\$ 170.169,19 | 399.645 |
| 1985 | 89.508 | R\$ 178.012,82 | 449.738 |
| 1986 | 97.155 | R\$ 294.867,20 | 589.931 |
| 1987 | 97.376 | R\$ 233.992,19 | 622.433 |
| 1988 | 103.636 | R\$ 165.063,79 | 728.704 |
| 1989 | 107.194 | R\$ 127.710,51 | 691.056 |
| 1990 | 104.422 | R\$ 125.013,90 | 572.098 |
| 1991 | 107.622 | R\$ 124.866,38 | 532.056 |
| 1992 | 108.882 | R\$ 109.492,98 | 494.134 |
| 1993 | 113.422 | R\$ 98.013,67 | 520.547 |
| 1994 | 116.571 | R\$ 256.188,52 | 635.112 |
| 1995 | 117.964 | R\$ 373.880,99 | 842.254 |
| 1996 | 121.979 | R\$ 376.910,73 | 713.562 |
| 1997 | 123.893 | R\$ 410.386,95 | 857.363 |
| 1998 | 131.278 | R\$ 411.278,59 | 873.803 |
| 1999 | 122.539 | R\$ 379.179,46 | 822.764 |
| 2000 | 130.927 | R\$ 424.027,85 | 939.210 |
| 2001 | 136.221 | R\$ 439.936,99 | 933.272 |
| 2002 | 152.651 | R\$ 428.037,49 | 935.150 |
| 2003 | 160.716 | R\$ 420.262,56 | 976.215 |
| 2004 | 172.061 | R\$ 469.403,39 | 1.150.188 |
| 2005 | 175.370 | R\$ 485.098,79 | 1.158.572 |
| 2006 | 183.417 | R\$ 535.324,10 | 1.343.283 |

Fontes: Consumo - Eletrobras; FBCF – IBGE; Vendas – ABINEE.

Com os dados da Tabela 5.1, aplica-se do modelo de *Cobb-Douglas*, em programa feito em *Matlab*. Por meio das Equações 3.3 e 3.4, chega-se à Equação 5.1:

$$\vec{C}_0 = \mathbf{A} \cdot \vec{x} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

Sendo os parâmetros da Equação 5.1 os apresentados a seguir:

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} K_0 \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \begin{bmatrix} C_{0_1} \\ C_{0_2} \\ C_{0_3} \\ \vdots \\ C_{0_n} \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & I_{0_1} & V_{0_1} \\ 1 & I_{0_2} & V_{0_2} \\ 1 & I_{0_3} & V_{0_3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & I_{0_n} & V_{0_n} \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

Assim, resolvendo a Equação 5.1, obtém-se os parâmetros apresentados na Tabela 5.2:

Tabela 5.2 – elasticidades α e β e constante K_0 calculadas

| | |
|----------------------------|---------------|
| K_0 | 2,60 |
| α | -0,086 |
| β | 0,751 |

O resultado da linearização dos pontos pelo modelo *Cobb-Douglas* é o plano que passa o mais próximo possível de todos os dados fornecidos. A Figura 5.1 mostra a distribuição espacial dos pontos:

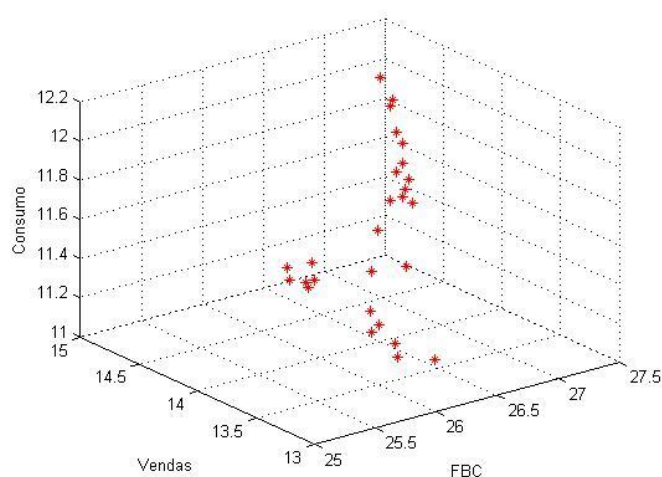


Figura 5.1 – Distribuição espacial dos dados da Tabela 5.1

Fonte: Elaboração própria com auxílio de Matlab.

Pode-se calcular o desvio dos dados de cada ponto do plano a ele associado (Equação 5.2) e também o erro médio total ou erro médio quadrático¹² (Equação 5.3). A Tabela 5.3 ilustra os erros ponto a ponto obtidos:

$$e = C_{\text{dado}} - C_{\text{calc}} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

$$e_{\text{total}} = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

O erro médio quadrático obtido no processo, aplicando-se os valores de C_0 da Tabela 5.3 na Equação 5.4, foi de 0,723, ou seja, um erro médio de 6,5%.

A última etapa de aplicação é a obtenção do volume de vendas, baseando-se nas projeções da taxa de investimento, da demanda de energia elétrica na indústria, ambas extraídas do Cenário B1 do PNE, as elasticidades calculadas e apresentadas na Tabela 5.2.

Vale lembrar que a taxa de investimento é convertida em FBCF (formação bruta de capital fixo), que representa a relação entre o PIB e a FBCF. Assim, é possível extrair dos cenários

¹² Para maiores informações sobre o erro médio quadrático, consultar STRANG (1999).

apresentados no PNE o quanto é estimado que as empresas invistam em bens de capital, como por exemplo, motores elétricos.

Tabela 5.3 – Apresentação dos erros ponto a ponto

| Ano | $C_0 (\ln C_{ano})$ | Erro |
|------|---------------------|-------|
| 1980 | 11,14 | -0,47 |
| 1981 | 11,13 | -0,33 |
| 1982 | 11,17 | 0,03 |
| 1983 | 11,23 | 0,09 |
| 1984 | 11,38 | 0,12 |
| 1985 | 11,40 | 0,06 |
| 1986 | 11,48 | -0,02 |
| 1987 | 11,49 | -0,08 |
| 1988 | 11,55 | -0,17 |
| 1989 | 11,58 | -0,11 |
| 1990 | 11,56 | 0,00 |
| 1991 | 11,59 | 0,09 |
| 1992 | 1,60 | 0,14 |
| 1993 | 11,64 | 0,13 |
| 1994 | 11,67 | 0,09 |
| 1995 | 11,68 | -0,07 |
| 1996 | 11,71 | 0,08 |
| 1997 | 11,73 | -0,03 |
| 1998 | 11,79 | 0,01 |
| 1999 | 11,72 | -0,02 |
| 2000 | 11,78 | -0,05 |
| 2001 | 11,82 | 0,01 |
| 2002 | 11,94 | 0,11 |
| 2003 | 11,99 | 0,13 |
| 2004 | 12,06 | 0,09 |
| 2005 | 12,07 | 0,11 |
| 2006 | 12,12 | 0,05 |

O Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2013-2022, da EPE, divulgado em 2013, confirma como cenário de interesse para o planejamento do setor elétrico o cenário B1 do PNE 2030.

Assim, é necessário realizar uma operação algébrica sobre a Equação 3.3 de forma que a mesma seja resolvida para a variável “venda de motores”, conforme apresentado pela Equação 5.4

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} 1 & I_{0_1} & C_{0_1} \\ 1 & I_{0_2} & C_{0_2} \\ 1 & I_{0_3} & C_{0_3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & I_{0_n} & C_{0_n} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -K_0/\beta \\ -\alpha/\beta \\ 1/\beta \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

Tabela 5.4 – Estimativa de vendas anuais de motores de indução trifásicos até 2030

| Ano | Consumo Industrial (GWh) | Formação Bruta de Capital Fixo (Milhões deR\$) | Venda de motores de indução trifásicos |
|------------|---------------------------------|---|---|
| 2007 | 204.000 | R\$ 564.204,93 | 1.658.176 |
| 2008 | 208.000 | R\$ 727.728,72 | 1.751.769 |
| 2009 | 211.000 | R\$ 783.935,77 | 1.800.714 |
| 2010 | 237.000 | R\$ 916.130,66 | 2.139.695 |
| 2011 | 246.447 | R\$ 890.747,79 | 2.246.756 |
| 2012 | 256.068 | R\$ 845.287,10 | 2.350.166 |
| 2013 | 265.863 | R\$ 872.336,29 | 2.479.490 |
| 2014 | 275.832 | R\$ 904.939,86 | 2.614.949 |
| 2015 | 285.975 | R\$ 943.575,63 | 2.756.856 |
| 2016 | 296.292 | R\$ 978.763,75 | 2.902.145 |
| 2017 | 306.783 | R\$1.004.930,69 | 3.048.902 |
| 2018 | 317.448 | R\$1.026.451,67 | 3.198.533 |
| 2019 | 328.287 | R\$1.053.809,54 | 3.354.791 |
| 2020 | 339.300 | R\$ 1.081.867,22 | 3.515.966 |
| 2021 | 350.487 | R\$ 1.122.332,45 | 3.686.544 |
| 2022 | 361.848 | R\$1.212.539,92 | 3.880.570 |
| 2023 | 373.383 | R\$1.245.115,61 | 4.058.375 |
| 2024 | 385.092 | R\$1.278.534,52 | 4.241.473 |
| 2025 | 396.975 | R\$1.312.817,24 | 4.429.950 |
| 2026 | 409.032 | R\$1.389.040,19 | 4.639.755 |
| 2027 | 421.263 | R\$1.546.473,88 | 4.884.867 |
| 2028 | 433.668 | R\$1.588.673,55 | 5.092.912 |
| 2029 | 446.247 | R\$1.631.990,41 | 5.306.776 |
| 2030 | 459.000 | R\$1.676.452,75 | 5.526.548 |

As variáveis representadas com índice 0 são os logaritmos naturais das variáveis originais. Finalmente, a previsão para venda de motores é apresentada na Tabela 5.4.

A projeção de vendas de motores, calculada pelo modelo de *Cobb-Douglas*, apresentou resultado satisfatório, com erro médio total de cerca de 6%. Por ser baseado no PNE 2030, o método utilizado pode ser visto como uma maneira de utilizar os resultados do Plano para realizar estudos focados em uma área específica, obtendo resultados mais desagregados.

A proposta de estabelecer uma linha de base de consumo que contemple a economia autônoma facilita o foco nas ações pretendidas e seus impactos, que neste caso resultarão na economia induzida, definida como meta no PNE.

Como o horizonte estudado é de longo prazo e previsões são extrapolações feitas a partir de um histórico, sem considerar possíveis “desvios de rota” na tendência calculada, o trabalho a ser desenvolvido a seguir é a análise criteriosa dessas possíveis mudanças nas relações entre agentes e variáveis, conforme a metodologia aplicada no Capítulo 4, permitindo avaliar uma série variantes da realidade futura por meio da construção de cenários, valiosa ferramenta para o planejamento estratégico e tomada de decisão. E ainda, como ferramenta de planejamento, os cenários permitem-nos visualizar o futuro desejado e buscar meios para que quais interações entre atores, questões e variáveis-chave possam levar a ele.

5.3. Cálculo da Economia de Energia

Devido à importância dos motores de indução trifásicos, foi aprovada em Julho de 2009 a norma IEC60034-30, que classifica os MIT em função do seu rendimento e estabelece níveis mínimos de rendimento nas potências de 0,75 a 375 kW. Estes níveis, conhecidos também como MEPS (*Minimum Energy Performance Standard*), são baseados na norma IEC60034-2-1, para a medição do rendimento dos motores. Outra norma, a IEC60034-31, define a classe IE4, dos rendimentos *Super Premium*, mas que ainda é meramente indicativa (FERREIRA, 2008). Assim, estão definidos 3 níveis de rendimento:

- IE1 - Rendimento *Standard*
- IE2 - Alto Rendimento
- IE3 - Rendimento *Premium*

No Brasil, a adoção de MEPS para os MIT teve dois marcos: o primeiro, em dezembro de 2002, quando foi publicado o Decreto Nº 4.508 que aprovou a regulamentação que definiu os níveis mínimos de eficiência energética para os MIT com potências que vão de 1 a 250 cv. O segundo marco veio em dezembro de 2005, quando foi publicada a Portaria Interministerial nº 553, estabelecendo que a partir de dezembro de 2009 só poderiam ser fabricados ou importados motores que atendessem aos índices mínimos de rendimento nominal conforme a linha denominada de Alto Rendimento. Com isso, a linha de motores de rendimento padrão foi suprimida do mercado (ELETROBRAS, 2013).

Atualmente, os motores de indução no Brasil têm índices mínimos de eficiência semelhantes àqueles representados pelo nível europeu IE2. Segundo Soares, Costa, Santos *et alii* (2013), o próximo passo para a evolução dos índices é a adoção do nível IE3 no Brasil. No entanto, o Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações – COBEI tem uma proposta um pouco um pouco diferente para os índices e até o momento não há uma data prevista para divulgação, ainda que houvesse um indicativo de definição para o final de 2013.

Assim, ao se aplicar a metodologia de avaliação de resultados do Selo Procel (Nogueira *et alii*, 2009; 2010) nos cenários escolhidos, considerara-se que o Brasil venha a trocar o nível IE2 pelo IE3, mais cedo ou mais tarde, dependendo da interpretação mais adequada para as condições técnicas e políticas de cada cenário.

Conforme apontam Petro (2013), Tokoi (2013), Agamloh (2013) e Shibata (2013), há perspectivas de que num futuro próximo seja viável adotar novos índices mínimos, compatíveis com IE4 ou até melhores, se forem também consideradas melhorias nos materiais, design e o uso de ímãs permanentes. Segundo Petro, é provável que em 6 anos alguns países já os possam adotar.

5.3.1. Preparação dos dados

De posse da equação que fornece o consumo médio unitário de um MIT (Equação 3.6), conforme metodologia de avaliação do Procel, aplicam-se os dados apresentados na Tabela 5.5 por Nogueira *et alii* (2009; 2010).

Os valores estão divididos por faixa de potência e por número de polos. Seguem algumas observações sobre os valores utilizados:

- 1) FD foi considerado 1, pois a estimativa é para motores novos;

- 2) Para os rendimentos, apresentados em seguida, os valores são a média de cada faixa de potência e número de polos;
- 3) A participação de cada faixa de potência nas vendas é baseada no histórico divulgado pela Abinee até 2006.

Tabela 5.5 – Parâmetros dos MIT para cálculo do consumo unitário anual

| Polos | Faixa | Potência representativa (CV) | Tempo de utilização (h) | Fator de Degradação (%) | Fator de carregamento médio (%) | Fator de eficiência (%) |
|-------|------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 2 | 1 a 10 | 5 | 800 | 1 | 55 | 98,2 |
| | >10 a 40 | 25 | 1000 | 1 | 61 | 99,2 |
| | >40 a 100 | 70 | 1200 | 1 | 70 | 99,8 |
| | >100 a 250 | 175 | 2000 | 1 | 74 | 99,9 |
| 4 | 1 a 10 | 5 | 800 | 1 | 55 | 98,2 |
| | >10 a 40 | 25 | 1000 | 1 | 61 | 99,2 |
| | >40 a 100 | 70 | 1200 | 1 | 70 | 99,8 |
| | >100 a 250 | 175 | 2000 | 1 | 74 | 99,9 |
| 6 | 1 a 10 | 5 | 800 | 1 | 55 | 98,2 |
| | >10 a 40 | 25 | 1000 | 1 | 61 | 99,2 |
| | >40 a 100 | 70 | 1200 | 1 | 70 | 99,8 |
| | >100 a 250 | 175 | 2000 | 1 | 74 | 99,9 |
| 8 | 1 a 10 | 5 | 800 | 1 | 55 | 98,2 |
| | >10 a 40 | 25 | 1000 | 1 | 61 | 99,2 |
| | >40 a 100 | 70 | 1200 | 1 | 70 | 99,8 |
| | >100 a 250 | 175 | 2000 | 1 | 74 | 99,9 |

Fonte: Nogueira et alii (2009)

5.3.2. Os índices mínimos de eficiência considerados

São consideradas nesta dissertação as melhorias referentes uma possível migração para índices semelhantes ao IE3 e ainda a dois patamares ainda não existentes, mas já vislumbrados por especialistas, e são chamados nesta dissertação de IE4 e IE5.

Os índices IE3 já são praticados na Europa, enquanto os índices IE4 são apenas um indicativo. Os dados aqui utilizados para representar o nível IE4 são uma estimativa feita a partir do trabalho de Petro (2013), que considera razoável considerar que diversas melhorias provenientes da utilização de materiais magnéticos flexíveis para laminação, ímãs permanentes, melhorias nos materiais condutores, materiais que causam menores atritos, novos tipos de lubrificantes e, por fim, o uso de materiais com maior condutividade térmica.

Assim, Petro cita que, por exemplo, motores de 5cv com 4 polos devem evoluir para rendimentos 7% melhores em relação aos modelos atuais.

Segundo Agamloh (2013), que fez trabalho semelhante com maior detalhamento por potência, sugere alguns valores de rendimento para o nível IE4. No entanto, não considera todas as melhorias que previstas por Petro, tal como uma utilização de ímãs permanentes em mais larga escala, dentro de um prazo de 6 anos, que seriam os IE5. As médias das melhorias por faixa de potência, deduzidas a partir do trabalho de Agamloh são apresentadas na Tabela 5.6:

Tabela 5.6 – Margem de melhorias para composição dos índices do nível IE4

| Até 10 cv | Até 40 cv | Até 100 cv | Acima de 100 cv |
|-----------|-----------|------------|-----------------|
| 1,65% | 0,38% | 0,55% | 0,40% |

Fonte: Agamloh (2013)

Baseando-se nas tendências apresentadas por estes dois trabalhos, para composição dos índices IE4, foi considerado um adicionamento dos fatores de incremento de eficiência apresentados na Tabela 5.6 àquele dos índices IE3. Ainda, optou-se por trabalhar de forma conservadora quanto ao horizonte para um uso de mais abrangente de motores com ímã permanente. Esta mudança tecnológica está representada pelo índice IE5.

Uma das tendências atuais no mercado brasileiro é a utilização de um conjunto de rendimentos levemente diferente e inferior ao IE3. Estes índices estão denominados como COBEI, devido à origem da proposta dos mesmos. Para composição dos cenários, considerou-se também a possibilidade de um índice denominado COBEI+ situado entre o IE3 e o IE4.

Assim, os rendimentos aplicados na metodologia de avaliação do Procel para cálculo da energia economizada, estão apresentados na Tabela 5.7.

São também considerados nos cenários os resultados de economia de energia provenientes da adoção políticas para fomentar a comercialização dos motores mais eficientes. Assim, em cada cenário é considerado que uma parcela do resultado provém da adoção de políticas para aumentar a venda dos motores mais eficientes de cada faixa de potência.

Tabela 5.7 – Rendimentos médios para motores de indução trifásicos

| Polos | Faixa | Rendimento médio atual | Rendimento COBEI | Rendimento médio IE3 | Rendimento COBEI+ | Rendimento médio IE4 | Rendimento médio IE5 |
|-------|------------|------------------------|------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 2 | 1 a 10 | 85,90% | 86,80% | 85,90% | 86,75% | 87,60% | 91,71% |
| | >10 a 40 | 91,20% | 91,40% | 91,60% | 91,80% | 92,00% | 94,94% |
| | >40 a 100 | 93,60% | 93,60% | 93,60% | 93,90% | 94,20% | 95,86% |
| | >100 a 250 | 95,10% | 95,30% | 95,30% | 95,50% | 95,70% | 96,05% |
| 4 | 1 a 10 | 86,60% | 87,20% | 88,70% | 89,55% | 90,40% | 94,70% |
| | >10 a 40 | 92,20% | 92,50% | 93,30% | 93,55% | 93,80% | 96,70% |
| | >40 a 100 | 94,10% | 94,40% | 95,10% | 95,40% | 95,70% | 97,40% |
| | >100 a 250 | 95,20% | 95,40% | 95,90% | 96,10% | 96,30% | 96,66% |
| 6 | 1 a 10 | 85,00% | 86,00% | 88,50% | 89,35% | 90,20% | 94,49% |
| | >10 a 40 | 91,60% | 91,80% | 92,70% | 92,90% | 93,10% | 96,08% |
| | >40 a 100 | 93,90% | 94,20% | 94,50% | 94,80% | 95,10% | 96,79% |
| | >100 a 250 | 95,10% | 95,30% | 95,60% | 95,80% | 96,00% | 96,35% |
| 8 | 1 a 10 | 83,80% | 84,30% | 84,30% | 85,15% | 86,00% | 90,00% |
| | >10 a 40 | 91,20% | 90,70% | 90,50% | 90,70% | 90,90% | 93,80% |
| | >40 a 100 | 93,30% | 93,10% | 93,00% | 93,30% | 93,60% | 95,25% |
| | >100 a 250 | 94,40% | 94,20% | 94,40% | 94,60% | 94,80% | 95,14% |

Fonte: Nogueira et alii (2009), exceto IE4 e IE5: Agamloh (2013) e Petros (2013)

Assim, uma parcela das vendas de cada ano é associada ao maior nível de eficiência de cada faixa de potência como resultado de uma política de incentivos fiscais para a compra dos motores mais eficientes de cada categoria.

Assim, para fins de análise de sensibilidade desta questão, são atribuídos fatores diferenciais às vendas em cada cenário: um acréscimo de 10% das vendas de cada ano, caso as políticas esperadas sejam medianas; um acréscimo de 30%, caso espere-se que sejam fortes; e um valor nulo de acréscimo, caso espere-se que sejam fracas.

Como para o cálculo das economias de energia considera-se que o rendimento dos motores é a média de cada faixa de potência por número de polos, está sendo admitido que em cada uma destas faixas a quantidade de vendas é igual para todos os rendimentos existentes. Por exemplo, ao se atribuir um fator diferencial a 10% dos motores vendidos em um determinado ano, isso significa que 10% das vendas não terão o valor médio dos rendimentos considerado para as demais vendas, mas sim o rendimento médio acrescido deste valor.

Como os incrementos de rendimento adotados para a passagem do índice IE3 para IE4 apresentados na Tabela 5.8 são as médias de cada faixa de potência, para se considerar que em um determinado cenário são vendidos mais motores com a maior eficiência, desloca-se essa referência da média para um valor acima. Assim, ao considerar que em um determinado

cenário há um incremento nas vendas dos motores mais eficientes, seja este incremento 0%, 10% ou 20%, o fator diferencial são os próprios valores da Tabela 5.7, que deverão ser acrescidos aos rendimentos desta parcela de motores.

5.3.3. Estimativas numéricas por cenário

Com os dados reunidos e estruturados de acordo com cada cenário, são implementados os passos detalhados a seguir, a fim de estimar a economia de energia proporcionada em cada cenário, cujos resultados estão na Tabela 5.8:

- 1) Calcular os consumos unitários por faixa de potência para cada um dos quatro níveis mínimos adotados: o atual, que é similar ao IE2, o COBEI, o IE3 e o IE4;
- 2) Calcular o consumo anual do total de motores vendidos até 2030, considerando os três níveis mínimos adotados e a previsão de venda de motores para cada ano;
- 3) Calcular as diferenças de consumo anuais entre os níveis COBEI e IE4, e IE3 e IE4, de acordo com a cronologia de cada cenário (*i.e.*: ano em que é considerada a entrada de novos índices mínimos);
- 4) Aplicar os percentuais adicionais de vendas de motores mais eficientes (Selo Procel), segundo cada cenário;
- 5) Considerar a vida útil média dos motores igual a 12 anos.

Na Tabela 5.8 são apresentados os resultados finais para os cinco cenários analisados, que tem as maiores probabilidades de ocorrência, considerando as duas ações básicas consideradas neste estudo, que concernem à comercialização de motores mais eficientes:

- 1) Melhoria dos índices
- 2) Políticas de incentivo para o Selo Procel

Tabela 5.8 – Economia anual obtida por cenário e por grupo de eventos

| Cenário Nº | Hipóteses | Probabilidade de Ocorrência | Economia segundo plano de melhoria de índices (GWh) | | Economia segundo política de incentivos fiscais para Selo Procel (GWh) | | Economia Total (GWh) | % Meta do PNE 2030 |
|------------|-----------|-----------------------------|---|------|--|-----|----------------------|--------------------|
| 64 | 000000 | 10,5% | 1790 | 100% | 0 | 0% | 1790 | 3,3% |
| 01 | 111111 | 5,8% | 6184 | 73% | 1855 | 22% | 8039 | 15,2% |
| 25 | 100111 | 5,6% | 4345 | 77% | 1304 | 20% | 5649 | 10,7% |
| 03 | 111101 | 4,0% | 6184 | 73% | 1855 | 22% | 8039 | 15,2% |
| 17 | 101111 | 3,3% | 6184 | 73% | 1855 | 22% | 8039 | 15,2% |

Assim, a meta estabelecida pelo PNE, economizar 53.000 GWh de energia elétrica no ano de 2030, alcança os seguintes valores em cada cenário: 1) Cenário desejado: 17,3% da meta; 2) Cenário mais provável, que é também o cenário mais temido: 4,4% da meta; 3) Cenário intermediário: 14,3% da meta.

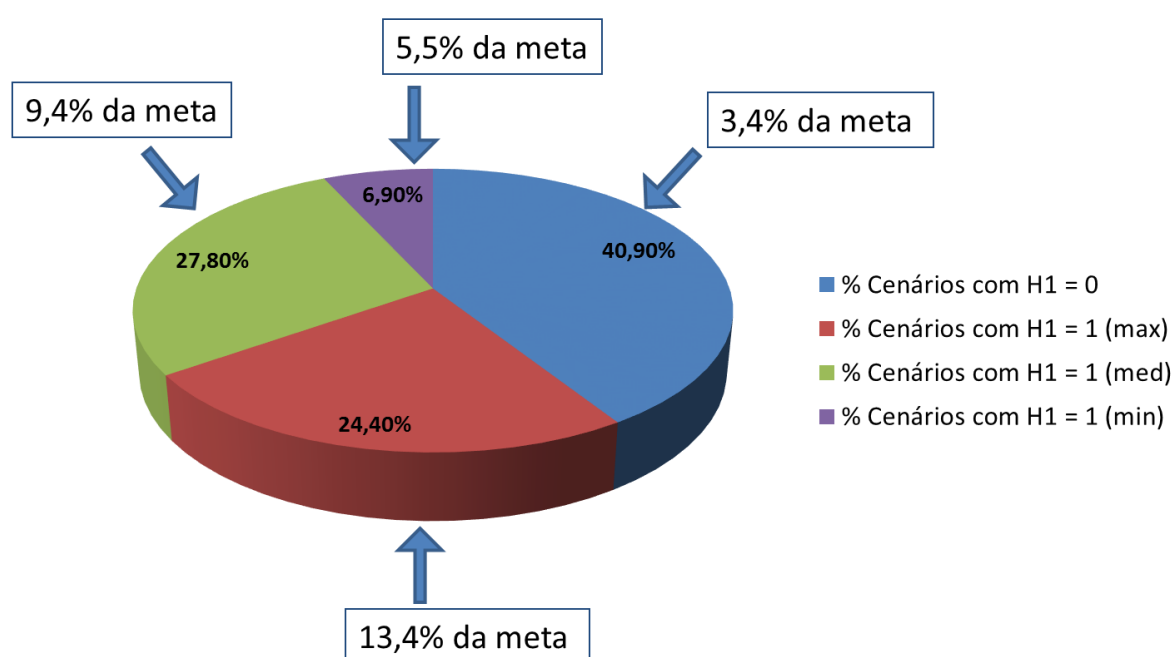


Figura 5.2 - Apresentação dos resultados sob a forma de análise de risco

Uma outra forma de se interpretar os resultados é por meio de uma análise de risco, apresentada na Figura 5.2. Na análise aqui apresentada, os eventos possíveis para a Hipótese H1 são comparados por meio de sua probabilidade de ocorrência e a contribuição de cada

fatia para o cumprimento das metas. Assim, pode-se perceber que é alto o risco de que ocorram cenários que levem ao mais baixo patamar de resultados (40,9%).

5.4. Considerações Finais

A execução dos módulos de vendas de motores e de cálculo da economia de energia completa a aplicação da metodologia proposta por esta dissertação. Com o módulo de projeção de vendas foi possível realizar uma projeção para a venda de motores que tivesse boa correlação com as questões econômicas na indústria, por meio da utilização das projeções da taxa de investimento.

Com o módulo de cálculo da economia de energia, foi estimada a economia de energia para cada cenário, com base na metodologia de avaliação de resultados do Procel e das mais recentes questões que envolvem a evolução dos índices de eficiência energética de motores de indução no Brasil e no Exterior.

6. Conclusão

A metodologia de construção de cenários de Michel Godet, proveniente da escola francesa denominada Prospectiva, foi escolhida devido à sua avaliação e reconhecimento perante especialistas na construção de cenários, julgada a mais completa. A disponibilização gratuita das ferramentas computacionais para aplicação dos métodos de prospectiva foi outro forte motivo para essa escolha.

As informações utilizadas para a *construção da base* do sistema estudado, que contempla desde sua delimitação até a análise do relacionamento entre atores e objetivos estratégicos, foram obtidas por meio de entrevistas realizadas em um processo de planejamento estratégico denominado *Plano de Otimização do Procel*, realizado em 2011 pela Eletrobras, que contou com a participação de especialistas de diversas áreas e órgãos direta e indiretamente ligados à eficiência energética.

A metodologia de Godet busca identificar as questões essenciais inerentes ao sistema estudado para poder aprofundar-se nelas. Ao todo, foram inventariadas 47 variáveis, que durante o processo passaram a ser resumidas em 6 dimensões, a partir das quais foi feito o questionário do método de impactos cruzados probabilísticos, respondido por especialistas da área de eficiência energética, do setor elétrico e de motores.

O método confirmou questões de consenso entre os especialistas da área de eficiência energética, tal como a divergência atual de objetivos entre a Eletrobras e o Governo no que diz respeito à execução e o custeio do Procel. Por outro lado, também trouxe à tona questões não muito comentadas no setor, como a possibilidade de aproximar o Governo das questões centrais da eficiência energética por meio do desenvolvimento de metodologias que lhe permitam, com risco mais baixo, inserir *usinas virtuais* no planejamento de médio prazo do setor elétrico, permitindo-lhe postergar investimentos.

Outra questão apontada e que também tem pouca atenção dos programas de eficiência é o desenvolvimento do relacionamento dos órgãos responsáveis pela eficiência energética no país com as Escos, por meio da criação de mecanismos que as aproximem dos recursos financeiros para a eficiência energética. Ainda, estes mecanismos também dependem de outros fatores evidenciados pelo método, como a atualização periódica do mapeamento do potencial de mercado e a criação de regras claras para o estabelecimento de contratos de serviços de conservação de energia.

Em ambos os casos, sendo as questões mais ou menos conhecidas ou consideradas mais ou menos importantes, a função da metodologia de prospectiva é revelar aquelas que são o cerne do problema, priorizando-as frente a inúmeras outras questões que se pode enunciar.

Foram escolhidos os cinco cenários com maior probabilidade de ocorrência para aprofundamento analítico, tarefa que é consolidada por meio da dissertação apresentada sobre cada um destes cinco cenários. O cenário com maior probabilidade de ocorrência é também o cenário mais temido, onde nenhuma das seis hipóteses-chave para a evolução do sistema no sentido desejado é verdadeira: 10,5% de probabilidade de ocorrência. O cenário desejado, por sua vez, onde as seis hipóteses-chave são verdadeiras, tem 5,8% de probabilidade de ocorrência. Os três outros cenários possuem 5,6%, 4,0% e 3,3% de probabilidade de ocorrência.

Estes cinco cenários, em conjunto, representam um campo de possibilidades de 29,2% do total de cenários possíveis. Quanto mais representativo em termos do total de possibilidades, mais é garantido que estejam sendo tomadas decisões a partir da análise de uma evolução do sistema que venha realmente a se concretizar. Aumentar o número de cenários analisados como meio para dar maior abrangência aos estudos, no entanto, pode trazer o problema de ter tantos cenários como guia que seja muito oneroso, senão impossível, deduzir as decisões estratégicas a serem tomadas. Com relação ao resultado deste estudo, pode-se dizer que é mais viável tomar decisões com base em cinco cenários que representam um campo de possibilidades de 29,2% do que com base em 59 cenários que representem o restante do campo de possibilidades.

A matriz de sensibilidade calculada pela ferramenta computacional *smic-prob-expert* permitiu realizar uma análise de sensibilidade das influências e dependências das hipóteses uma sobre as outras. Para isso, foi proposto um sistema de quantificação, já que apenas as hipóteses H1 e H6 foram definidas em termos quantitativos. Desse modo, o sistema de quantificação proposto permite, a partir da não-ocorrência de uma ou mais hipóteses em um determinado cenário, que as hipóteses definidas apenas em termos qualitativos (H2, H3, H4 e H5) possam expressar resultados quantitativos por meio dos impactos negativos exercidos sobre as hipóteses H1 (evolução dos MEPS) e H6 (desenvolvimentos de políticas de incentivo fiscal), conforme apresentado no Capítulo 5. Assim, foi possível estabelecer nuances para a ocorrência das hipóteses H1 e H6 em três níveis: nulo, baixo e alto. Ou seja, isto é feito em função do impacto sobre H1 e H6 causado pela não-ocorrência de uma ou mais das demais hipóteses. Assim, a análise de sensibilidade mostrou-se uma ferramenta importante na

interpretação e quantificação dos resultados.

O cálculo da economia de energia levou em conta o quanto seria possível evoluir, em cada cenário, no que diz respeito ao aumento dos índices mínimos de eficiência energética e à adoção de políticas públicas para incentivar a venda dos motores mais eficientes no mercado, considerando, para isso, instrumentos hoje existentes, como o Selo Procel e o PBE. Foram utilizados cinco níveis de índice como opção para construção dos cenários: o IE3, já utilizado na Europa, o COBEI, proposto em reunião do CGIEE como sendo a alternativa mais viável à evolução dos índices atuais; os índices COBEI+ e IE4, como possíveis alternativas após os índices COBEI ou IE3; e o índice IE5, chamado assim apenas para facilitar a compreensão do sentido de evolução dos MEPS, conforme indicativos de como os rendimentos dos motores de indução podem melhorar nos próximos anos, em conformidade com informações apresentadas recentemente por especialistas em motores de indução.

Com relação à estimativa de venda de motores com o modelo de *Cobb-Douglas*, esta foi necessária não só para obtenção dos valores futuros, mas também para os valores presentes, devido à interrupção de sua divulgação, em 2006, determinada pelas associações de classe competentes. Assim, foram calculadas as elasticidades α e β , que são, respectivamente, a elasticidade do consumo de energia elétrica na indústria em relação às vendas de motores e a elasticidade do consumo de energia elétrica em relação à formação bruta de capital fixo - FBCF. Este modelo de previsão tem a grande vantagem de estar baseado em parâmetros ligados diretamente à indústria, principalmente no que diz respeito à FBCF, que representa o quanto a indústria está investindo em bens de produção, como por exemplo, motores. O erro quadrático total ficou em pouco mais de 6%.

O resultado final mostra que o cenário mais provável (cenário 64 – 000000) levaria à economia de 1.790 GWh de energia elétrica em 2030, o que representa 3,3% da meta do PNE. No cenário desejado (cenário 01 – 111111), a economia seria de 8.039 GWh, ou 15,2% da meta do PNE. Este resultado também é o mesmo que outros dois cenários analisados (cenário 17 – 101111; cenário 03 – 111101). O quinto e último cenário (cenário 25 -100111) resulta numa economia de 5.649 GWh, o que equivale a 10,7% da meta do PNE.

Uma outra forma de olhar as probabilidades obtidas é dando-lhes um enfoque de análise de risco: deve-se chamar a atenção para o fato de que há uma probabilidade de 40,9% de que H1 não ocorra (cujos resultados são os mesmos do cenário 64); 24,4% de chances de que H1 ocorra em sua forma plena (cujos resultados são os mesmos dos cenários 01, 03 e 17); 27,8%

de chances de que H1 ocorra em sua forma média (cujos resultados são os mesmos do cenário 25); e 6,9% de chances de que H1 ocorra em sua forma mínima; assim considerando as probabilidades e a análise de sensibilidade feita para todos os cenários possíveis.

Deve-se lembrar, no entanto, que as probabilidades obtidas são subjetivas, baseadas nas opiniões de especialistas. Deve-se dar maior importância à hierarquização da ocorrência dos cenários e menor importância às probabilidades de ocorrência propriamente ditas.

Pode-se questionar sobre a pertinência da escolha de um método de prospectiva como o de Godet para resolver o problema proposto, pois, detalhado inicialmente com 47 variáveis, não é um sistema dos mais complexos que se pode encontrar; os próprios exemplos encontrados entre os trabalhos de Godet mostram situações mais extenuantes para a metodologia. No entanto, a dissertação mostrou que mesmo para problemas mais simples a metodologia mostra-se robusta: variáveis redundantes ou pouco importantes foram eliminadas, partiu-se de uma configuração bastante difusa e chegou-se a um resultado coerente.

Sobre a amostra de especialistas, pode-se ampliá-la, a fim de dar enfoque aos enfoques de diferentes grupos e atores do sistema estudado, tratamento este que pode ser feito na ferramenta *smic-prob-expert*. Uma maior confiabilidade é obtida quando as amostras representam as diversas instituições e papéis no sistema.

Para se atingir o cenário desejado, a mobilização dos atores face aos desafios propostos deve buscar minimizar prazos e aumentar índices. O que parece ser um tanto inocente, dito desta forma, ganha potencialidade quando se considera que pequenos detalhes podem levar a diferenças de resultados significativas entre os cenários. No entanto, os desafios são grandes para ajustar os rendimentos em alguns décimos.

Como indicação de trabalhos futuros, esta dissertação, ou, mais especificamente, o cenário desejado, nos deixa uma série de atividades a serem realizadas a fim de que ele se possa concretizar. Muitas dessas atividades servirão também para outros projetos, com diferentes escopos, pois são comuns ao ambiente em que se encontra a eficiência energética no Brasil. As atividades propostas são:

- Gestão em P&D;
- Pesquisas de mercado de posse e hábito de uso de equipamentos;
- Proposta de um método oficial de M&V (medição e verificação) global ou por aplicação específica;

- Modelagem de incentivos fiscais para eficiência energética;
- Aprofundar-se no uso de escalas mais precisas para realização da análise sensibilidade, com mais opções de quantificação de influências, pode ser utilizada para dar maior nitidez à diferença entre os cenários;
- Utilizar um método multicritério para adequar o planejamento de ações referentes aos cenários escolhidos em conformidade com restrições e políticas existentes.

Por fim, propõe-se realizar metodologias semelhantes à apresentada nesta dissertação para outros programas e subprogramas da eficiência energética do país, a fim de que um planejamento completo seja realizado para identificar a procedência dos 53 TWh de energia elétrica que deverão ser economizados em 2030.

7. Referências

- AGAMLOH E. B., ANDRADE C. T., HUSAIN I. *Assessment of prospects of prescribing super-premium efficiency levels with induction motors technology*. VIII EEMODS, Rio de Janeiro, 2013.
- ANDRADE, T.; LOBÃO, W. *Elasticidade-renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro, Texto para discussão n° 489, IPEA, 1997.
- ANDREAS, J. C. *Energy-efficient Electric Motors: Selection and Application*. Marcel Dekker, 1992.
- AXELSSON, E.; HARVEY, S.; BERNTSSON, T. *A tool for creating energy market scenarios for evaluation of investments in energy intensive industry*. Energy, v. 34, n. 12, p. 2069-2074, 2009.
- BAJAY, S. V., DE CARVALHO, C. B. *Tratamento de incertezas nos modelos energéticos: diretrizes para aplicação da técnica Delphi na montagem de cenários prospectivos para a área de energia no estado da Bahia*. Anais do XI Congresso brasileiro de Energia - CBE, pp.1615-1621, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- BEENSTOCK, M.; GOLDIN, E; NABOT, D. *The demand for electricity in Israel*. Energy Economics, vol. 21, 1999, pp. 168-183.
- BENTZEN, J.; ENGESTED, T. *Short and long-run elasticities in energy demand – a cointegration approach*. Energy Economics, vol. 15, 1993.
- BUARQUE, S. C. *Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003.
- BROWN, M. A. *et alii Scenarios for a clean energy future*. Energy policy, v. 29, n. 14, p. 1179-1196, 2001.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. *Recomendações de ações de CT&I em segmentos da Indústria selecionados*. Série Documentos Técnicos n° 20, 2013. Brasília, DF: CGEE, 2013.
- CNPQ, CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. *Cenários sócio-econômicos e científico-tecnológicos para o Brasil*. Brasília, 1989, mimeo.
- DONATOS, G. S., MERGOS, G. J. *Residential demand for electricity: The case of Greece*. Energy Economics, vol. 13, 1991, pp. 41-47.
- ELETROBRAS, *Plano de Otimização do Procel*. Relatórios Parciais, Final e Entrevistas. Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- ELETROBRAS. *Relatório de Resultados do Procel 2013: Ano Base 2012*, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balço Energético Nacional - BEN*. MME - Ministério De Minas e Energia, Brasília, DF, 2011.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balço de Energia Útil - BEU*. MME - Ministério De Minas e Energia, Brasília, DF, 2005.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Nacional de Energia - PNE 2030*. MME - Ministério De Minas e Energia, Brasília, DF, 2008.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Nacional de Energia Eficiência Energética - PNEf*. MME - Ministério De Minas e Energia, Brasília, DF, 2011.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2022*. MME - Ministério de Minas e Energia, Brasília, DF, 2013.

FERREIRA, F. J. T. *Novas classes de motores IE1, IE2, IE3 e IE4*. Fórum para Eficiência Energética na Indústria. Universidade de Coimbra e Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, jun. 2008. Disponível em: <<http://forumefinerg.aeportugal.pt>>. Acesso em: 2 jul. 2014.

FINEP. *Macrocenários mundiais e nacionais e ambiente de negócios da Finep e impactos sobre a organização (oportunidades e ameaças) no horizonte 1994-2010*. Rio de Janeiro, 1992.

FLECHTHEIM, O. K. *Futurology – The new science of probability?* The Futurists, Toffler's book, 1972.

FORTE, S. H. A. C.; DE MORAIS, D. O. C. *Era Uma Vez O Futuro! - O Que Se Tem produzido No Século XXI Sobre Cenários Na Academia Brasileira De Administração?* XXXVII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, 2013.

GARCIA, A. G. P. *et alii Energy-efficiency standards for electric motors in Brazilian industry*. Energy Policy, v. 35, n. 6, p. 3424-3439, 2007.

GODET, M. *Prospective et planification stratégique*. Paris: CPE / Economica, 1985.

GODET, M. *A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica: da antecipação à ação*. Lisboa: Cepes, 2000.

GODET, M. *Manuel de prospective stratégique – Tome 2: L'Art et la méthode*. 3ª Edição. Paris: Dunod, 2008.

GODET, M. *et alii. Méthodes de Prospective*. In :<<http://en.lapropective.fr>>. Acesso em: 29 de outubro de 2013.

GOMES de SOUZA, O. C.; GOMES de SOUZA, I.; ABREU SILVA, A. de. *Manual de técnicas de previsão*. Rio de Janeiro: Secretaria Geral de Planejamento/Instituto Universidade de Pesquisa do Rio de Janeiro, 1976, mimeo.

HARRIS, G. S. *et alii Energy scenarios for New Zealand*. Energy, v. 3, n. 1, p. 1-14, 1978.

HOLLANDER, J. M. *US energy demand and supply scenarios: A retrospective appraisal of the US national academy of sciences study by the committee on nuclear and alternative energy systems (CONEAS)*. Energy, v. 6, n. 8, p. 699-725, 1981.

HOUTHAKKER, H. S. *Some calculations of electricity consumption in Great Britain*. Journal of the Royal Statistical Society, vol. 114, 1951, pp. 351-371.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. *O Brasil na virada do século – trajetória do crescimento e desafios do desenvolvimento*. Brasília, 1997.

IRFFI, G. *et alii*. *Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime*. Economia Aplicada, Vol. 13, pp. 69-68. São Paulo, 2009.

JANNUZZI, P. M. *et alii*. *Cenários Futuros para Políticas Sociais: revisão bibliográfica e proposta de modelo simplificado para elaboração*. Estudo Técnico n. 26/2013. 2013.

KAHN, H.; WIENER, A. J. *The year 2000: a framework for speculation on the next thirty years*. The Hudson Institute, 1967.

LARIOS, A. *Estudo e construção de cenários para a telefonia móvel celular no contexto brasileiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

LUCAS, L. P. V. *Cinco anos de cenários no BNDES*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE PROSPECTIVA E ESTRATÉGIA, 1989. São Paulo. São Paulo: BNDES, 1989.

MARCIAL, E. C. *Análise estratégica: estudos de futuro no contexto da inteligência competitiva*. Coleção Inteligência Competitiva - Volume 2. Thesaurus, 2011.

MODIANO, E. M. *Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro, *Texto para discussão n° 68*, Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1984.

MORESI, E. A. D; DO PRADO, H. A.; DE ALCÂNTARA, A. *Cenários prospectivos, monitoração ambiental e metadados*. In: Congresso Anual de Tecnologia da Informação (CATI). 2005.

NADEL, S.; ELLIOTT, R. N.; SHEPARD, M.; GREENBERG, S.; KATZ, G.; ALMEIDA A. T. *Energy-efficient motor systems: a handbook on technology, program, and policy opportunities*, 2nd Edition. ACEEE, 2002.

NOGUEIRA, L. H., BORTONI, E. C. *et alii*. *Avaliação de Resultados do Programa Selo Procel para Motores de Indução Trifásicos*, Relatório à Eletrobras Procel. Unifei, 2009.

NOGUEIRA, L. A. H.; CARDOSO, R. B.; BORTONI, E. C.; HADDAD, Jamil; SOUZA, E. P. *Avaliação da economia de energia atribuída a ações de etiquetagem energética em motores de indução no Brasil*. Revista Brasileira de Energia, v. 15, p. 29-48, 2010.

OUTHWAITE, W. (Ed.); MILES, I. D. *Dicionário do pensamento social do século XX. Futurologia*. Zahar, 1996.

PARANÁ. *Estatuto do PARANACIDADE*. Capítulo I Artigo, e Capítulo II, artigo 2º - Publicado em D.O.E. nº 5.631, pág. 14 de 02 de dezembro de 199, disponível em: <<http://www.paranacidade.org.br>>. Acesso em 12 de jun. 2006.

PETRO J. *Beyond IE4: Future Efficiency Improvements in Electric Motor Systems*. VIII EEMODS, Rio de Janeiro, 2013.

PETROBRAS. *Macrocenários mundiais e nacionais e impactos sobre a Petrobras (oportunidades e ameaças)*. Rio de Janeiro, 1989, mimeo.

POLESI, A. *Cenários para o Brasil no futuro*. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 20, n. 56, Abril de 2006. Disponível em <http://www.scielo.br>. Acesso em: 2 jul. 2014.

RANGEL, E. P. *Desenvolvimento de uma análise sistêmica de cenários prospectivos para o setor de pelotas de minério de ferro brasileiro*. Dissertação de Mestrado. UFMG, Belo Horizonte, MG, 2012.

RATTNER, H. *Considerações sobre tendências da futurologia contemporânea*. RAE - revista de administração de empresas, vol. 13, n. 3, jul-set 1973.

RIBAS, J. C. C. *et alli. Planejamento educacional baseado em cenários prospectivos na educação a distância*. Tese de Doutorado. USFC, Florianópolis, SC, 2013.

SAE - Secretaria de Assuntos Estratégicos. *Cenários exploratórios do Brasil 2020*. Brasília, setembro de 1998 (Texto para Discussão).

SCHAEFFER, R. *et alii Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial*. Relatório técnico, Eletrobras/Procel, 2005.

SCHAEFFER, R.; OLIVEIRA, S. E. M.; GARCIA, A. G. P.; SILVA, T. L. V.; MONTEIRO, L. F. C. *Avaliação dos índices de eficiência de motores de indução trifásicos*. UN/DESA/CLASP, 2005.

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M., *A demanda por energia elétrica no Brasil*. Rio de Janeiro, *Revista Brasileira de Economia*, vol. 58, n. 1, jan. – mar. 2004, pp. 67 – 98.

SEBRAE. *Cenários do Ambiente de Negócios da Pequena e Micro Empresa de Pernambuco (versão executiva)*. Recife: dezembro de 1996, mimeo.

SEPLAN/PR-PROJETO ARIDAS. *Nordeste: uma estratégia de desenvolvimento sustentável*. Brasília, 1994, mimeo.

SHIBATA, Y. *The Status Quo of Electric Motor Energy Standard Setting and “Top Runner” Experience in Japan*. VIII EEMODS, Rio de Janeiro, 2013.

SHRESTHA, R. M.; MALLA, S.; LIYANAGE, M. H. *Scenario-based analyses of energy system development and its environmental implications in Thailand*. Energy Policy, v. 35, n. 6, p. 3179-3193, 2007.

SILK, J. I.; JOUTZ, F. L. *Short and long-run elasticities in US residential electricity demand*. Energy Economics, vol. 19, 1997, pp. 493-513.

SUDAM/BASA/SUFRAMA. *Macrocenários da Amazônia – cenários alternativos e cenário normativo da Amazônia no horizonte 2010*. Relatório Final (1a versão). Belém, julho de 1990, mimeo.

THIESEN, J. S. *Estudos prospectivos envolvendo a educação em Santa Catarina: empreendendo novas estratégias de planejamento e gestão*. Tese de Doutorado. USFC, Florianópolis, SC, 2009.

SMITH, K. *Estimating the price elasticity of US electricity demand*. Energy Economics, vol. 2, 1980, pp. 81-85.

SOARES, G. A., FERREIRA, C. A., COSTA, E. A., SANTOS, M. A. *Is IE3 Efficiency Class a Feasible Next Step for Industrial Motor's MEPS in Brazil?* VIII EEMODS, Rio de Janeiro, 2013.

STALEY, D. J. *A history of the future*. History and Theory, Theme issue 41, pp.72-89. Dezembro, 2002.

STRANG, G. *Introduction to Linear Algebra*. 4th Edition - Oxford: Oxford University Press, 1999.

TOKOI, H. *et alii*. *Highly efficient industrial 11-kW permanent magnet synchronous motor without rare-earth metals*. VIII EEMODS, Rio de Janeiro, 2013.

VAN VUUREN, D. *et alii*. *Energy and emission scenarios for China in the 21st century - exploration of baseline development and mitigation options*. Energy Policy, v. 31, n. 4, p. 369-387, 2003.

VIANA, G. I. *Um modelo para projeções para demanda por energia elétrica, 2009-2017 e a evolução do custo social e tarifa ótima para o Brasil*. Dissertação de Mestrado, UFAL, 2010.

WESTLEY, G. D. *Commercial electricity demand in a central American economy*. Applied Economics, vol. 21, 1989.