

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA – CAMPUS I
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

STEVON SCHETTINO

**CENÁRIOS DO USO DAS REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES (*SMART GRID*):
TENDÊNCIAS DE SUA DIFUSÃO NO BRASIL**

João Pessoa - PB

2013

STEVEN SCHETTINO

**CENÁRIOS DO USO DAS REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES (*SMART GRID*):
TENDÊNCIAS DE SUA DIFUSÃO NO BRASIL**

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Sistemas Elétricos

Subárea: Políticas públicas e organização empresarial

Professor orientador: Prof. Ricardo Moreira da Silva, Dr.

João Pessoa - PB

2013

S327c Schettino, Stevon

Cenários do uso das redes elétricas inteligentes (*smart grid*): tendências de sua difusão no Brasil. / Stevon Schettino – João Pessoa: UFPB, 2011.

161f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Moreira da Silva

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

1. Desenvolvimento regional 2. Arranjo produtivo local 3. Projeto PROMOS/Sebrae 4. Indústria calçadista I. Título.

UFPB/BC

CDU: 658.5(043)

STEVEN SCHETTINO

**REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES (*SMART GRID*): TENDÊNCIAS DE SUA
DIFUSÃO NO BRASIL SOB A ÓTICA DE ESPECIALISTAS**

Dissertação julgada e aprovada em 15 de Abril de 2013 como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ricardo Moreira da Silva – UFPB

Orientador



Profª. Drª. Maria de Lourdes Barrêto Gomes – UFPB

Examinadora



Prof. Dr. Fábio Stacke Silva – ANEEL

Examinador externo

Dedico esse trabalho a minha amada esposa, Soraia, por ter me apoiado nessa empreitada, me dando força e inspiração para superar todos os obstáculos durante minha jornada para realização desse sonho e superação dos desafios encontrados. Dedico também à pequena Lavínia, que através de seus sorrisos doces e sinceros, se fez presente apoiado e inspirando o papai.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo Ademário de Assis Cordeiro que me apoiou a investir na minha educação e desenvolvimento intelectual.

Aos especialistas que aceitaram compartilhar seus conhecimentos e participaram das entrevistas de levantamento dos dados necessários ao desenvolvimento desse trabalho.

A Energisa, que me propiciou condições para me capacitar e realizar esse mestrado.

A Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em especial ao Centro de Tecnologia e professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGE.

Aos Professores, Dr^a. Maria de Lourdes Barreto Gomes – UFPB e Dr. Fábio Stacke Silva – ANEEL, por aceitarem participar da banca avaliadora, e, principalmente, por contribuírem para a realização deste trabalho.

Em especial, a Professor Dr. Ricardo Moreira da Silva, orientador e amigo, por toda atenção, acompanhamento e orientações técnicas dadas durante todas as etapas do mestrado.

RESUMO

A *Smart Grid* é considerada o mais promissor conglomerado de tecnologia a ser aplicado para melhoria operacional e otimização de toda cadeia produtiva de energia elétrica, a qual está ganhando popularidade em serviços públicos de eletricidade, institutos de pesquisa e empresas de telecomunicação. Assim, o objetivo desse trabalho é realizar a projeção de cenários para avaliação da tendência de difusão da *Smart Grid* no Brasil, apresentando os principais desafios que o país pode vir a enfrentar, assim como explorar e apresentar os conceitos de *Smart Grid* e sua evolução mundial. Para isso, foi realizada uma análise documental da legislação atual do setor elétrico, assim como uma pesquisa bibliográfica em diversos periódicos internacionais e nacionais para entendimento dos conceitos da *Smart Grid*, seus benefícios e impactos na cadeia de valor do sistema elétrico, as barreiras para sua difusão no Brasil e os caminhos de incentivos ao investimento para implantação da nova tecnologia. Para subsidiar a elaboração dos cenários foi realizada uma análise bibliográfica sobre os principais métodos e técnicas de elaboração de cenários e seus principais personagens (autores), sendo definida a *Global Business Network* – GBN, apoiada pela *Stakeholder Analysis* (através do conhecimento de especialistas do setor), a metodologia mais apropriada nesse ambiente de pesquisa para a projeção de cenários e avaliação das tendências de difusão da *Smart Grid* no Brasil. Chega-se à conclusão, através dos três cenários elaborados e da pesquisa realizada, que os mesmos apontam a uma trajetória longa e desafiadora no desenvolvimento e implantação da tecnologia *Smart Grid* no Brasil, que ainda encontra-se em uma fase embrionária de implantação de projetos piloto para desenvolvimento e conhecimento da tecnologia, tendo que transpor barreiras regulatórias, financeiras, políticas, sociais, culturais e principalmente tecnológicas. Essa trajetória pode e deve ser simplificada através de ações governamentais que instituem políticas setoriais favoráveis à difusão da *Smart Grid*, com metas e prazos, assim como a definição de um marco regulatório específico para regulamentar o setor elétrico quanto a esse assunto.

Palavras chave: *Smart Grid*; Energia; Projeção de Cenários; Inovação Tecnológica; Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

The Smart Grid is considered the most promising technology conglomerate to be applied to operational improvement and optimization of the entire supply chain of electricity, which is gaining popularity in electric utilities, research institutes and telecommunications companies. The objective of this work is to perform the projection scenarios to assess the trend of diffusion of Smart Grid in Brazil, presenting the main challenges the country may face, as well as explore and present the concepts of Smart Grid and its global evolution. For this, we conducted a documentary analysis of current legislation in the electricity sector, as well as a literature search in several international and national journals to understanding the concepts of Smart Grid, its benefits and impacts on the value chain of the electric system, the barriers to their diffusion in Brazil and the paths of investment incentives for deployment of new technology. To support the development of the scenarios we conducted a literature review on the main methods and techniques for developing scenarios and their main characters (authors), and set the Global Business Network - GBN, supported by Stakeholder Analysis (through knowledge from industry experts), the most appropriate methodology in this research environment for the design of scenarios and assessing trends diffusion of Smart Grid in Brazil. Comes to the conclusion, through the survey and the three scenarios prepared, that they point to a long and challenging journey in the development and deployment of Smart Grid technology in Brazil, which is still in an embryonic phase of project implementation pilot for development of technology and knowledge, having to overcome regulatory, financial, political, social, cultural and technological barriers. This trajectory can and should be simplified through government action, establishing sector policies favorable to the spread of the Smart Grid, with goals and deadlines, as well as the definition of a specific regulatory framework to regulate the electricity sector on this matter.

Keywords: Smart Grid; Energy; Projection of Scenarios; Technological Innovation; Information Technology.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMI – *Advanced Metering Infrastructure* / Infraestrutura Avançada de Medição

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BRR – Base de Remuneração Regulatória

CO₂ – Dióxido de Carbono

CSM – *Comprehensive Situation Mapping*

CPM – *Critical Path Method* / Método do Caminho Crítico

DC/AC – Corrente Contínua/Corrente Alternada

DSI – *Decision Strategies International*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ERGEG – Regulador Europeu de Eletricidade e Gás

EUA – Estados Unidos da América

FACTS – Sistemas Flexíveis de Transmissão

GBN – *Global Business Network*

GPRS – *General Packet Radio Service* / Serviço de Rádio de Pacote Geral

GSM – *Global System for Mobile Communications* / Sistema Global para Comunicações Móveis

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEA – *International Energy Agency* / Agência Internacional de Energia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MACTOR Método de Análise do Jogo de Atores

MME Ministério de Minas e Energia

NCRI	<i>Northeast Consulting Resources Inc.</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema
OPEC	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PAC 2	Programa de Aceleração do Crescimento – parte 2
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> (ferramenta utilizada no Gerenciamento de Projetos – sem tradução para o português)
PEST	Políticos, Econômicos, Sociais e Tecnológicos
PIB	Produto Interno Bruto
PLC	<i>Power Line Communication</i> / Comunicações Através de Linha de Força
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i> / Identificação por Radiofrequência
SG	<i>Smart Grid</i> / Redes Elétricas Inteligentes
SIG	Sistema de Informação Geográfica (ou GIS – <i>Geographic Information System</i>)
SIN	Sistema Interligado Nacional Brasileiro
SM	<i>Smart Meeter</i> / Medidor Inteligente
SMS	<i>Short Message Service</i> / Serviço de Mensagens Curtas
SRI	<i>Stanford Research International</i>
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TV	Televisão
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i> / Interoperabilidade Mundial para Acesso de Micro-ondas
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i> / Tecnologia de Telecomunicação Móvel de Terceira Geração - 3G
ZigBee	Comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Oferta interna de energia elétrica por fonte, no Brasil (base 2011).	20
Figura 2 – Evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil, 2005-2030.....	23
Figura 3 – Geração elétrica por fonte no mundo (%) – 1980 e 2009	25
Figura 4 – Cadeia de valor de um sistema de informação.....	33
Figura 5 – Níveis de maturidade tecnológica de cidades inteligentes.....	35
Figura 6 – Composição do sistema elétrico.....	38
Figura 7 – Geração elétrica por fonte energética no Brasil, participação %	39
Figura 8 – Forma esquemática da configuração do SIN referente ao ano de 2011.....	40
Figura 9 – Composição da <i>Smart Grid</i> e seus diversos agentes.....	43
Figura 10 – Composição da <i>Smart Grid</i> (rede elétrica convencional + rede de telecomunicação).....	46
Figura 11 – Exemplos de fontes de geração de energia elétrica.....	48
Figura 12 – Exemplos de <i>Smart Meeters</i>	53
Figura 13 – Método descrito por Schwartz para projeção de cenários.....	93
Figura 14 – Fluxograma do método de <i>Stakeholder Analysis</i>	96
Figura 15 – Gráfico da importância e incerteza	97
Figura 16 – Gráfico da influência x dependência.....	98
Figura 17 – Método descrito por Schwartz para projeção de cenários, destacando as etapas da <i>stakeholder analysis</i>	99
Figura 18 – Gráfico da Importância versus Incerteza.....	111
Figura 19 – Gráfico da influência versus dependência	116
Figura 20 – Posicionamento dos cenários ante as incertezas chave	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos de Cenários	69
Quadro 2 – Perfil dos especialistas entrevistados.....	101
Quadro 3 – Lista de pré-variáveis.....	103
Quadro 4 – Relação das variáveis selecionadas	106
Quadro 5 – Variáveis selecionadas.....	112
Quadro 6 – Matriz de comparação das variáveis na terceira rodada de entrevistas	113
Quadro 7 – Variáveis chave selecionadas	117
Quadro 8 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 1.....	123
Quadro 9 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 2.....	127
Quadro 10 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 3.....	130
Quadro 11 – Localização do cumprimento dos objetivos da pesquisa.....	141
Quadro 12 – Ficha de introdução do questionário da primeira rodada de entrevistas.....	151
Quadro 13 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da primeira rodada de entrevistas	152
Quadro 14 – Ficha de validação dos <i>stakeholders</i> , do questionário da primeira rodada de entrevistas	152
Quadro 15 – Ficha de avaliação da influência dos <i>stakeholders</i> , do questionário da primeira rodada de entrevistas	153
Quadro 16 – Ficha de introdução do questionário da segunda rodada de entrevistas	154
Quadro 17 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da segunda rodada de entrevistas	155
Quadro 18 – Ficha de avaliação da importância e incerteza das variáveis, do questionário da segunda rodada de entrevistas	156
Quadro 19 – Ficha de introdução do questionário da terceira rodada de entrevistas	157
Quadro 20 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da terceira rodada de entrevistas	158
Quadro 21 – Ficha de avaliação da influência e dependência das variáveis, do questionário da terceira rodada de entrevistas	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade instalada de fontes alternativas no mundo – 10 maiores países em 2009 (GW).....	17
Tabela 2 – Histórico da evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil por setor (1970 a 2004).....	23
Tabela 3 – Empreendimento de geração em operação no Brasil em 2011.....	39
Tabela 4 – Extensão das linhas de transmissão do SIN (km), em 2011	41
Tabela 5 – Taxas de crescimento do nível de atividade (médias no período)	85
Tabela 6 – Investimento e PIB (taxas médias no período)	86
Tabela 7 – Posse média de equipamentos (unidades/100 domicílios).....	87
Tabela 8 – Resultado consolidado da avaliação de importância e incerteza das variáveis	110
Tabela 9 – Médias originais e normalizadas de influência e dependência.....	115

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO AO ESTUDO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	16
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA	22
1.4 OBJETIVOS	28
1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	29
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	29
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....	31
2.1. INOVAÇÕES E SISTEMA DE INFORMAÇÃO	31
2.1.1. Tecnologias de informação e comunicação no contexto das cidades inteligentes	34
2.2. CADEIA DE VALOR DO SISTEMA ELÉTRICO E OS IMPACTOS DA <i>SMART GRID</i>	37
2.2.1. A cadeia de valor do sistema elétrico	37
2.2.2. Impactos da <i>Smart Grid</i> na cadeia de valor do sistema elétrico	41
2.2.3. A tecnologia da informação e comunicação necessária para implantar a <i>Smart Grid</i>	45
2.2.4. <i>Smart Grid</i> nos sistemas de geração	47
2.2.5. <i>Smart Grid</i> nos sistemas de transmissão e operação	49
2.2.6. <i>Smart Grid</i> nos sistemas de distribuição.....	50
2.2.7. Necessidades e consequências do <i>Smart Grid</i> na distribuição	51
2.2.8. Regulamentação do setor elétrico e incentivos ao investimento – uma visão global	55
2.2.9. Principais barreiras para difusão da tecnologia de <i>Smart Grid</i> no Brasil	58
2.3. PROJEÇÃO DE CENÁRIOS	61
2.3.1. Introdução à Projeção de Cenários	62
2.3.2. A história da projeção de cenários	64
2.3.3. Integração da projeção de cenários com o planejamento estratégico	65
2.3.4. Métodos e técnicas para elaboração de cenários	66
2.3.4.1. Método <i>SRI International</i>	69
2.3.4.2. Método <i>Global Business Network</i> (GBN).....	70
2.3.4.3. Método <i>Battelle Memorial Institute</i>	72
2.3.4.4. Método <i>Future Mapping</i>	73

2.3.4.5. Método Análise Prospectiva.....	74
2.3.4.6. Método <i>Comprehensive Situation Mapping (CSM)</i>	75
2.3.4.7. Método Análise do Impacto de Tendências.....	76
2.3.4.8. Método <i>Decision Strategies International (DSI)</i>	77
2.3.5. Considerações adicionais sobre os métodos e técnicas de elaboração de cenários ...	79
2.4. PANORAMA MACROECONÔMICO DO SETOR ELÉTRICO.....	84
2.5. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	88
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	90
3.1. NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	90
3.2. METODOLOGIA ADOTADA PARA PROJEÇÃO DE CENÁRIOS.....	92
3.2.1. Abordagem de Schwartz na construção de cenários (GBN - <i>Global Business Network</i>)	92
3.2.2. A <i>Stakeholder Analysis</i>	94
3.2.3. A combinação da GBN e <i>Stakeholder Analysis</i>	98
3.2.4. Definição dos especialistas	100
3.2.5. Método de coleta de dados e definição das variáveis	101
3.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	103
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	105
4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS <i>STAKEHOLDERS</i> DO SETOR E GERAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO AMBIENTE DE ESTUDO	105
4.2. QUALIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E INCERTEZA DAS VARIÁVEIS	109
4.3. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE	113
4.4. DEFINIÇÃO DOS EIXOS PARA CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS FUTUROS	117
4.5. CENÁRIOS FUTUROS SOBRE A TENDÊNCIA DE DIFUSÃO DA <i>SMART GRID</i> NO BRASIL.....	118
4.5.1. Cenário 1: “ <i>Potência Máxima</i> ”	119
4.5.1.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 1 - “ <i>Potência Máxima</i> ”	122
4.5.2. Cenário 2: “ <i>Meia Luz</i> ”	124
4.5.2.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 2 - “ <i>Meia Luz</i> ” ...	126
4.5.3. Cenário 3: “ <i>Curto-Circuito</i> ”	128
4.5.3.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 3 - “ <i>Curto-Circuito</i> ” .	129
4.6. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	130
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	132

5.1. CONCLUSÕES	132
5.1.1. Quanto a elaboração dos cenários e método empregado	134
5.1.2. Quanto à pesquisa de campo	136
5.1.3. Quanto aos objetivos geral e específicos	137
5.1.4. Quanto aos resultados obtidos (vantagem e limitações dos cenários elaborados).....	141
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	142
REFERÊNCIAS	144
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DA PRIMEIRA RODADA DE ENTREVISTAS	151
APÊNDICE B – FORMULÁRIO DA SEGUNDA RODADA DE ENTREVISTAS	154
APÊNDICE C – FORMULÁRIO DA TERCEIRA RODADA DE ENTREVISTAS	157

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Este capítulo apresenta uma contextualização da situação do setor energético mundial e suas notórias transformações ocorridas em função das inovações advindas da difusão das novas tecnologias que compreendem e possibilitam o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes, ou *Smart Grid* (SG), como será tratada nesse trabalho. Em seguida é definido o problema de pesquisa, fomentador desse estudo, assim como a apresentação dos objetivos geral e específicos bem como se justifica a relevância de se pesquisar sobre esse tema, que é emergente no mundo e embrionário no Brasil. Por fim, é descrita a delimitação do trabalho de pesquisa, que se faz necessária em função da ampla abrangência do tema tratado, finalizando com a apresentação da estrutura completa desse trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

O constante crescimento do consumo de energia elétrica no mundo tem representado um desafio para o setor energético, o qual precisa prover meios para expansão do sistema elétrico responsável pela geração, transmissão e distribuição dessa energia, com antecedência a esse aumento de consumo para evitar restrições de fornecimento. Porém, a construção de grandes empreendimentos de geração de energia elétrica está, cada vez mais, sujeita a restrições sejam, geográficas, tecnológicas, econômicas, regulatórias ou ambientais.

As alternativas encontradas pelo setor energético para contornar tais restrições compreendem ações de eficiência da cadeia energética (da geração de energia ao consumidor final), utilização de fontes alternativas de geração e adoção de geração distribuída (pequenas unidades de geração próximas aos consumidores), estando cada vez mais presentes nesses casos as fontes de energia renováveis ou alternativas, que apresentam baixa emissão de gases causadores do efeito estufa, por não consumirem combustíveis fósseis. A tabela 1, apresentada a seguir, relaciona a evolução da capacidade instalada de fontes alternativas no mundo, estando consideradas as seguintes fontes alternativas: geotérmica, eólica, solar, das marés, das ondas, biomassa e resíduos, com o Brasil situado em uma posição de destaque, na sétima posição em termos de capacidade instalada de fontes alternativas.

Tabela 1 – Capacidade instalada de fontes alternativas no mundo – 10 maiores países em 2009 (GW)

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	$\Delta\%$ (2009/08)	Part. % (2009)
Estados Unidos	22,1	25,0	30,9	39,4	49,4	25,5	20,8
Alemanha	23,4	27,6	30,9	34,3	41,6	21,4	17,5
Espanha	10,7	12,6	16,3	20,6	23,5	13,9	9,9
China	3,3	4,9	8,6	15,4	19,8	28,9	8,3
Índia	6,3	7,4	9,3	11,8	13,2	11,9	5,6
Itália	3,6	4,0	5,0	6,3	8,7	37,8	3,7
Brasil	6,1	6,5	6,6	7,4	6,7	-9,3	2,8
Japão	4,7	5,5	5,5	5,9	6,7	12,3	2,8
Reino Unido	3,2	3,7	4,3	5,2	6,4	23,6	2,7
França	2,0	2,7	3,6	5,0	6,3	26,8	2,6
Outros	32,3	37,1	40,5	46,8	55,5	18,7	23,3
Mundo	117,7	137,0	161,4	198,1	237,9	20,1	100,0

Fonte: Adaptado de EPE (2012b)

A saída para o futuro, conforme análise de Battaglini *et al* (2009), é a combinação de grandes potenciais de geração renovável (que estão situados longe dos grandes centros de consumo, por exemplo parques eólicos) com a geração distribuída (por exemplo: turbinas a gás, micro turbinas, células de combustível, geração fotovoltaica, pequenas turbinas eólicas, biogás, etc.), conectados ao sistema elétrico.

A chave para o sucesso da operação simultânea das fontes de geração renovável, distribuída e geração convencional, se dará através do desenvolvimento da SG. Esse novo conceito de integração e utilização do sistema elétrico, também será a saída para obtenção da eficiência energética, e também possibilitar a geração e armazenamento de energia pelo lado do consumidor, conforme destaca Al-Ali *et al* (2011).

A SG possivelmente será responsável por uma revolução tecnológica em toda cadeia de valor do sistema elétrico, que apresentou uma evolução muito singela no último século. Essa modernização vai englobar desde a geração de energia, passando pelo setor de transmissão e distribuição, alcançando até o consumidor final, será responsável por tornar eficiente e otimizar toda a rede elétrica existente, provendo ganhos de qualidade, segurança, eficiência energética, redução de emissões de poluentes, melhoria da gestão de ativos, dentre outros inúmeros benefícios relacionados.

A SG é considerada o mais promissor conglomerado de tecnologia, o qual está ganhando popularidade generalizada em serviços públicos de eletricidade, institutos de pesquisa e empresas de telecomunicação. Em termos gerais, a rede inteligente é referida como a tecnologia de rede moderna, que abrange toda a parte elétrica indústria de energia, a partir da produção de energia para transmissão e consumo, e implementa a convergência o fluxo de energia elétrica, o fluxo de informações e o fluxo de negócios com base na tecnologia da informação, tecnologia de comunicação e informática.

Em função da relevância do tema *Smart Grid* para implantação de melhorias e inovações que estão revolucionando a cadeia de produção e suprimento de energia elétrica no mundo, em termos de otimização de processos, eficiência energética, aumento da sustentabilidade ambiental, o presente trabalho explora e apresenta os conceitos de SG e sua evolução mundial, assim como realiza uma avaliação da tendência de sua difusão no Brasil, apresentando os principais benefícios e desafios que o país pode vir a enfrentar.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

No Brasil, historicamente, os investimentos em grandes empreendimentos de infraestrutura ocorrem de maneira reativa, ao invés de serem proativos ao surgimento da demanda.

Em 2001, após um período de contínua expansão da economia no Brasil e consequente aumento do consumo de energia, no qual houve restrição de investimentos na expansão do sistema de geração e transmissão de energia, concomitante com um período de escassez de chuva, resultou na indisponibilidade de fornecimento de energia elétrica, em virtude da falta de água para geração e do estrangulamento do sistema de transmissão de energia. Ocorre então um período crítico para o país com a necessidade de racionamento de energia, acarretando sanções para todos consumidores, distribuidoras de energia e para toda a economia do país (PASCALICCHIO, 2010; GOMES, PRINTES e RAMOS, 2010; GAMA, ALVARO e PEIXOTO, 2012).

O racionamento de energia elétrica durou até o início do ano seguinte e incorreu na necessidade global de redução de 20% do consumo de energia. A partir dessa ocasião, foram intensificadas as ações de eficiência energética e de reforço/expansão do sistema de geração e transmissão de energia elétrica. Atualmente esse risco não está mais em evidência, pois foram

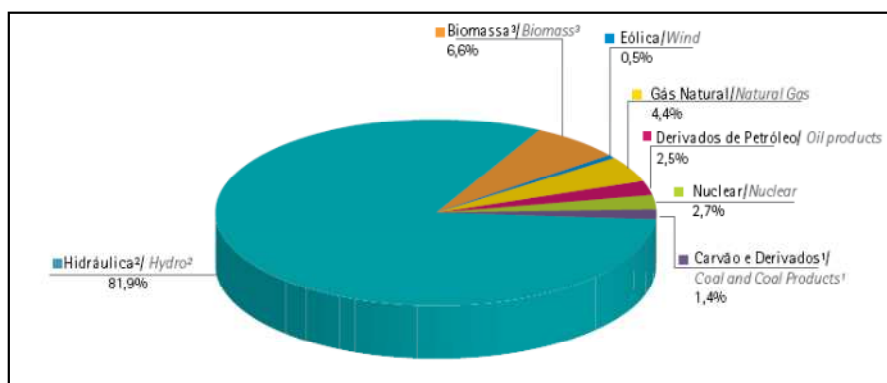
construídas usinas termelétricas para operação em caso de escassez de água, porém esse período de racionamento de energia marcou fortemente a história do setor elétrico brasileiro (PASCALICCHIO; 2010; GOMES, PRINTES e RAMOS, 2010).

Um fator relevante está associado à previsão de um aumento da temperatura do planeta de 4 a 7°C até o final do século, em função do aquecimento global, o que vai representar grandes desafios para a agricultura, manutenção dos mananciais, saúde pública e geração de energia (GCC-I-US, 2009; SCHIERMEIER, 2011). Na análise de Battaglini *et al* (2009), a energia é um *driver* crítico para o crescimento da economia mundial, sendo que os países emergentes precisam de um correto planejamento energético para obter um crescimento sustentável. Logo, as decisões estratégicas de investimento no sistema energético nos próximos anos vão determinar a futura geração tecnológica do setor elétrico/energético para as décadas subsequentes.

A economia de energia é a forma mais eficaz de, simultaneamente, aumentar a segurança do abastecimento de energia e de reduzir as emissões gases de poluentes. Segundo Garrido (2008) estima-se que, globalmente, pelo menos 20% da energia distribuída, é desperdiçada devido à elevada ineficiência, correspondendo a milhares de toneladas de CO₂ emitidas ao ano. No caso do Brasil, em função da dominância da geração elétrica com base em fontes hidráulica, que representa mais de 80% da oferta de energia elétrica no país, conforme apresentado na figura 1, a geração de energia não representa um fator que contribua de forma representativa para emissão de CO₂, entretanto, ações de eficiência energética e redução de desperdícios se fazem necessárias.

Uma tendência mundial é que a combinação de fontes de geração renovável e geração distribuída, associadas aos sistemas convencionais de geração de energia através de grandes usinas situadas em pontos distantes das grandes cidades, se tornem cada vez mais comuns. Dessa forma os sistemas as redes elétricas do futuro serão diferentes das redes tradicionais, tanto na sua forma de operação quanto na composição (*mix*) de tipos fontes de geração, onde a SG será fundamental para permitir o seu correto funcionamento.

Figura 1 – Oferta interna de energia elétrica por fonte, no Brasil (base 2011).



Fonte: EPE (2012a)

Zahedi (2011) destaca que as redes do futuro serão uma combinação de geração de energia centralizada e distribuída, com mais flexibilidade, que permite o fluxo multidirecional de energia. Nesse sistema de energia, os consumidores também irão produzir energia. A tecnologia da informação torna o gerenciamento da rede mais fácil e permite comunicação bidirecional entre a operação do sistema, a geração e o consumidor, sendo que essa comunicação é baseada em dados de tempo real. Desafios futuros dessa rede incluem a integração de fontes renováveis, resposta à demanda, sistema de potência mais confiável e eficiente com menor pico de carga.

A automação do sistema elétrico possível através da SG compreende o monitoramento e controle/operação remoto (em tempo real) de equipamentos que compõem o sistema elétrico desde a geração à disponibilização da energia ao consumidor, os quais permitirão desligamentos ou religamentos de equipamentos, alteração de ajustes, leitura de dados a distância, etc., permitindo maior flexibilidade e agilidade na operação do sistema, com ganhos em termos de segurança, confiabilidade e produtividade.

A otimização do sistema elétrico engloba a utilização de sistemas computacionais que auxiliem a operação do sistema, com rotinas destinadas a minimizar as áreas atingidas por desligamentos do fornecimento de energia elétrica e restabelecimento automático de carga e despacho otimizado de equipes para atendimento a emergências. A otimização do sistema elétrico também compreende a eliminação de perdas e desperdícios de energia, para aproveitamento máximo de sua capacidade instalada.

Na realidade, a SG se constitui um novo modelo para o setor de energia elétrica que permite adicionar novas tecnologias ou alterar o que já existe de maneira otimizada. O

conceito de SG tem sido cada vez mais reconhecido como um meio para melhorar a eficiência energética e, de gerar e consumir energia elétrica em residências, empresas e instituições públicas (LI e ZHOU, 2011).

Deve-se ainda destacar que é possível reduzir custos de eletricidade por meio da realização de controle de carga através da utilização de equipamentos e instalações de armazenamento de energia junto às unidades consumidoras. Ao aplicar o conceito de SG, pode-se esperar alta eficiência, conservação de energia e baixa emissão de carbono (TANAKA *et al*, 2012).

A transformação da rede de energia elétrica atual para a SG deverá acontecer de forma gradativa: novas tecnologias de automação, computação e comunicações serão introduzidas nos setores da rede atual, formando bolsões de sub-redes com as características da SG, as quais deverão conviver de forma harmoniosa com rede legada. Na medida em que esses bolsões aumentem em número e capacidade, a rede elétrica como um todo tenderá para uma rede dentro da nova visão (FALCÃO, 2010).

Para desenvolver um mercado aberto e atingir as metas relativas à segurança e menores emissões de poluentes, a tecnologia de SG tem atraído interesse em áreas tão diversas como economia, sociologia e engenharia elétrica, usando ferramentas da teoria econômica como regulação, incentivos ou análise da concorrência, para fomentar as possíveis soluções de incentivo ao desenvolvimento da nova tecnologia (CLASTRES, 2011).

O processo pode ser catalisado por meio de ação direta do agente regulador do setor elétrico nacional e do governo, que podem promover uma adequação do marco regulatório desse setor, objetivando a implementação coordenada das redes elétricas inteligentes no Brasil, assim como definir fontes de subsídio para custear esse processo sem onerar o consumidor ou sobrecarregar os níveis de investimento das concessionárias distribuidoras de energia elétrica.

Para implantar a SG no Brasil, diversas barreiras precisam ser superadas, tais como: i) a barreira tecnológica, que compreende a disponibilidade no país de modernas tecnologias de medidores e equipamentos inteligentes, sistemas de telecomunicação e sistemas de informação; ii) a barreira dos custos elevados dos equipamentos necessários de serem instalados, principalmente o medidor eletrônico que corresponderá a um elevado custo em função da quantidade a ser substituída e; iii) a barreira do marco regulatório do setor elétrico

que precisa ser adaptado para atender esse novo conceito de operação e gestão do sistema elétrico.

Levando em consideração as barreiras mencionadas e diante da necessidade de modernização do sistema elétrico brasileiro, para superar as atuais restrições técnicas e operacionais, através da implantação da SG, fica evidente a seguinte questão: qual o cenário futuro de difusão da *Smart Grid* no Brasil?

1.3 JUSTIFICATIVA

Os sistemas energéticos mundiais são altamente dependentes de fontes fósseis, pois no passado essas fontes eram abundantes e com preço atraente. Desde a crise da década de 1970, que isso não é mais verdade, destaca Battaglini *et al* (2009), pois está havendo um forte aumento da demanda energética em função do grande crescimento econômico (com estimativa de crescimento da demanda energética mundial em 60%, até 2030), o que demonstra que os sistemas de energia (geração e consumo) precisam mudar para acompanhar esse crescimento da economia.

Esses autores destacam ainda que de 1998 a julho de 2008 houve a experiência sem precedentes da elevação de 800% dos preços do petróleo, e que a estabilidade política dos principais países produtores de petróleo (Rússia, Argélia e África do Sul) é questionável, tornando a disponibilidade e o nível de preços do petróleo altamente instável e vulnerável.

Quanto ao Brasil, o crescimento do consumo energético final está apresentado na tabela 2, onde pode ser verificado a evolução do consumo por setor (TWh), de 1970 a 2004, o qual apresentou um crescimento de mais de 800% no período (EPE, 2007).

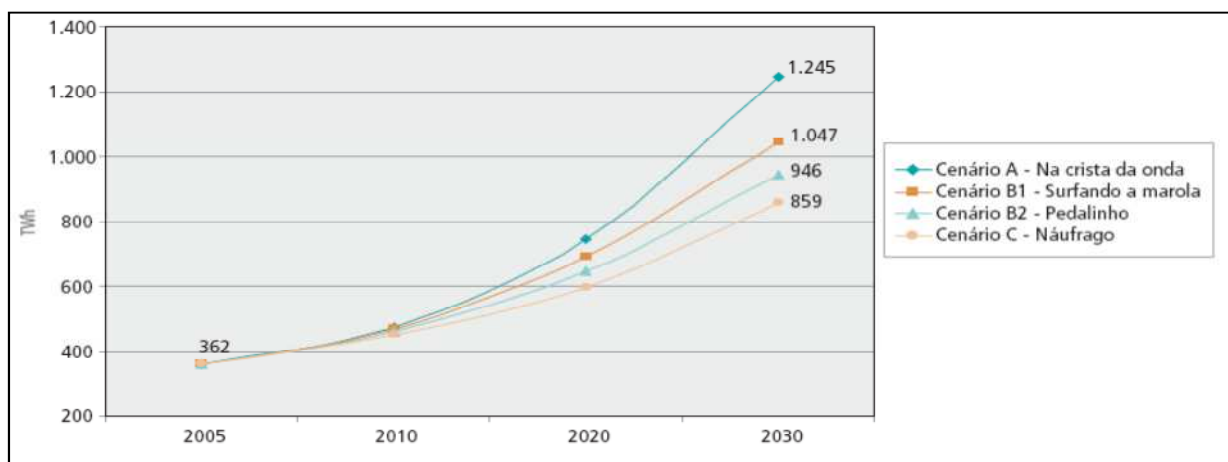
A projeção de consumo final de energia do Brasil no período de 2005 a 2030, apresentada na figura 2, mostra 04 cenários, sendo que no cenário mais conservador, a previsão é de realização de um crescimento do consumo de energia da ordem de mais de 137% e no cenário mais extremo, a previsão é de um aumento de 244%. Esse aumento de consumo deverá ser suprido por novos empreendimentos de geração, e todo sistema de transmissão e distribuição de energia deverá ter sua capacidade ampliada para suportar esse aumento de consumo com a inserção da SG. Esses dados apresentados são oficiais e fazem parte do Plano Nacional de Energia (PNE 2030), elaborado pela Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE, pertencente ao Ministério de Minas e Energia – MME.

Tabela 2 – Histórico da evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil por setor (1970 a 2004)

CONSUMO [TWh] / ANO	1970	1980	1990	2000	2004
Consumo final energético	39.668	122.705	217.657	331.638	359.564
Setor Energético	2.080	4.171	6.837	10.479	12.818
Residencial	8.365	23.263	48.666	83.613	78.577
Comercial	5.158	13.804	23.822	47.510	50.082
Público	3.565	10.386	18.133	29.200	30.092
Agropecuário	317	2.038	6.666	12.856	14.895
Transportes	648	823	1.194	1.250	1.039
Ferrovário	648	823	1.194	1.250	1.039
Industrial	19.535	68.220	112.339	146.730	172.061
Cimento	1.038	3.221	2.938	4.456	3.754
Ferro-gusa e aço	1.998	8.921	12.775	14.717	16.889
Ferro ligas	574	2.902	6.211	6.398	7.659
Mineração e pelletização	453	2.714	5.955	7.429	9.292
Não ferrosos e outros metálicos	3.343	11.102	25.543	28.970	33.907
Química	2.646	7.980	13.315	17.251	21.612
Alimentos e bebidas	1.757	6.280	10.335	16.173	19.851
Têxtil	1.936	4.576	6.266	6.983	7.776
Papel e celulose	1.667	5.089	7.688	12.144	14.098
Cerâmica	559	1.931	1.838	2.720	3.050
Outros	3.564	13.504	19.475	29.489	34.173

Fonte: EPE (2007)

Figura 2 – Evolução do consumo final de energia elétrica no Brasil, 2005-2030



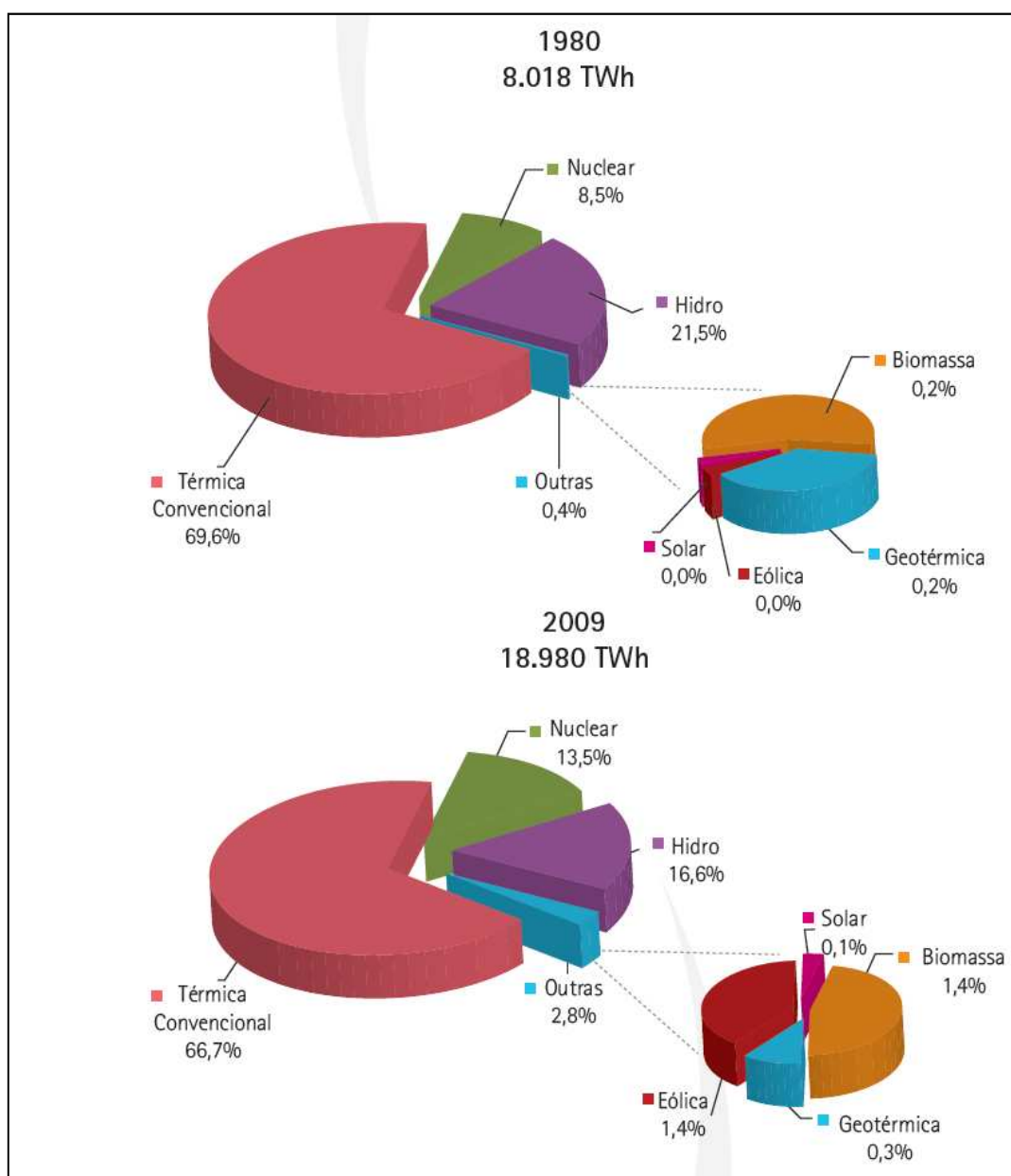
Fonte: EPE (2007)

O problema de crescimento de demanda e suas consequências não ocorrem apenas no Brasil, Blumsack e Fernandez (2012) relatam um grande apagão norte-americano, ocorrido em agosto de 2003, virou a atenção do público para o estado da rede elétrica nos Estados Unidos e Canadá. A infraestrutura de transmissão de energia dos EUA havia sido degradada constantemente desde a década de 1970. A gravidade/abrangência do apagão convenceu até mesmo os céticos que o sistema de transmissão já não podia atender os serviços demandados. Em primeiro lugar, o apagão de agosto de 2003 destacou o fato de que, apesar grandes avanços no setor de coordenação e planejamento, a confiabilidade do sistema elétrico não melhorou. Desde os anos 1980, a frequência de grandes apagões não diminuiu, e os maiores apagões ainda parecem ocorrer com alguma regularidade a cada dez anos.

No entendimento de Battaglini *et al* (2009), o crescimento da competição mundial pelo suprimento energético representa um grande risco para a dependência de matrizes energéticas a base de combustíveis fósseis, sendo estratégico que os países diversifiquem o *mix* energético, reduzindo a dependência de importação de combustíveis fósseis. Para substituir tais fontes energéticas, a geração nuclear tem crescido rapidamente, reduzindo significativamente a emissão de poluentes. Entretanto esse tipo de geração tem acarretado controvérsias quanto sua proliferação, tecnologia e riscos políticos e sociais, e sua utilização está em constante debate.

No cenário mundial, conforme pode ser observado na figura 3, ainda existe uma dependência muito grande das fontes térmicas convencionais (óleo, gás e carvão mineral), sendo que a participação dessa fonte no suprimento energético mundial reduziu menos de 3%, de 1980 para 2009, e que essa fonte ainda representa mais de 65% do suprimento energético mundial, conforme estudos apresentados no Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2012, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012b).

Figura 3 – Geração elétrica por fonte no mundo (%) – 1980 e 2009



Fonte: EPE (2012b)

Nair e Zhang (2009) destacam em seus estudos que a Nova Zelândia tem a aspiração de atingir o índice de 90% de sua matriz energética oriunda de fontes renováveis, até 2025. Para conter o aquecimento global a Europa estipulou a meta de ter em 2050, 100% de sua energia advinda de fontes renováveis. Para isso a abordagem SG vai combinar duas alternativas: geração centralizada e geração distribuída. Com essas alternativas, que na verdade são complementares, será possível atingir essa meta. Assim a SG contribui simultaneamente para segurança da matriz energética, segurança climática, segurança social e segurança nacional, destacam Battaglini *et al* (2009).

As redes inteligentes não são projetadas exclusivamente para facilitar o balanceamento de oferta e demanda. A SG pode até mesmo resolver problemas específicos de cada país. Para a Dinamarca e a Suécia, por exemplo, as redes inteligentes contribuirão para uso generalizado de veículos elétricos (*plug-in*). A Espanha quer melhorar a qualidade da oferta com menos incidentes. Portugal pretende reforçar a integração de energias renováveis no seu sistema elétrico. A Itália espera reduzir as fraudes e furtos de energia. A Holanda está à espera de economizar energia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (CLASTRES, 2011).

Pela definição de Battaglini *et al* (2009), a SG que está sendo desenvolvida na Europa, engloba o sistema interligado europeu e norte africano de geração (de fontes renováveis – hídrica, eólica, solar, etc.) e transmissão de energia elétrica (em alta tensão e corrente contínua), associado às redes locais inteligentes (SG) que fazem o uso da cogeração e geração distribuída, de forma que ambas se complementem para atender a demanda energética de forma eficiente e sustentável.

Por fim, a França está desenvolvendo essa tecnologia para possibilitar aos consumidores o controle da demanda de energia, aumentar a qualidade de fornecimento e melhorar a operação do sistema elétrico. Para limitar os custos das distribuidoras cada país/concessionária tem sua própria visão a respeito de qual segmento de mercado ganharia mais com as redes inteligentes.

Os diversos benefícios advindos da implantação e uso da SG, tais como a eficiência energética, redução de custos operacionais do sistema, possibilidade de redução dos gastos dos consumidores com a energia elétrica consumida, melhoria da sustentabilidade ambiental, entre outros, serão consequentemente obtidos no Brasil à medida que a SG for sendo implantada no país, entretanto outros benefícios relevantes e específicos também poderão ser auferidos.

Segundo Blumsack e Fernandez (2012), pesquisadores e formuladores de políticas precisam de melhores modelos para avaliar o desempenho dos sistemas de SG vis a vis as metas de implantação. A SG vai efetivamente aumentar a complexidade do sistema já complexo no qual, falhas de grande escala, são susceptíveis e inevitáveis, podendo vir a introduzir novos modos de falha que ainda não começaram a aparecer ou a ser estudado.

Assim, esse trabalho se justifica em função da necessidade de elaboração de cenários futuros que permitam a avaliação da difusão e implantação da *Smart Grid* no Brasil, pois a pesar dos inúmeros benefícios evidentes, traz consigo diversos desafios e riscos associados a sua implantação, pois sua tecnologia ainda não está completamente desenvolvida e ainda não chegou a um nível de maturidade que torne sua utilização simplificada e eficiente.

Acredita-se, dentro desta investigação, que a implantação da SG é essencial para o sucesso da gestão técnica, operacional e financeira de uma distribuidora de energia elétrica sob a perspectiva de longo prazo. Alinhado a esses conceitos, Silva (1996) afirma que empresas com estratégias baseadas na redução de custos e na melhoria da qualidade e da produtividade passam a ganhar importância e a se destacarem no mercado.

A literatura nacional é extremamente escassa, no que diz respeito ao tema SG, em função de se tratar de um processo/tecnologia contemporâneo que está em fase inicial de desenvolvimento no setor elétrico nacional, quiçá no mundo. Dessa forma, a argumentação desta pesquisa, em termos de sua justificativa, é a de elaborar uma fundamentação teórica que possibilite a elaboração de cenários prospectivos das tendências de difusão da SG no Brasil.

Em adição, o estudo em pauta representa também uma importante contribuição prática a outras organizações dos setores de tecnologia e serviços, sobretudo no que diz respeito ao desenvolvimento e implantação de sistemas de tecnologia da informação (*softwares* e *hardwares*) e telecomunicação, assim como a gestão do enorme volume de dados que será gerado, trafegado e armazenado. Desta forma, o estudo posiciona-se em um tema atual e relevante, uma vez que se trata de uma abordagem de particular interesse, como com a natureza de seus objetivos, atribuindo uma significativa contribuição à literatura pertinente.

Ao final do estudo espera-se ter reunido argumentos suficientes para avaliar as tendências de implantação da SG no setor elétrico brasileiro, contribuindo de maneira decisiva para a tomada de decisão dos gestores da área, apontando os caminhos nos quais se podem alcançar os melhores resultados, através dos cenários gerados.

Por se tratar de um tema recente, com restrita disponibilidade de material científico sobre SG, do ponto de vista acadêmico o presente trabalho pretende consolidar informações sobre o assunto e traçar um panorama comparativo entre o nível de maturidade do Brasil, vis a vis outros países em que o processo encontra-se amadurecido, apresentando as lacunas de conhecimento que precisarão ser desenvolvidas para aprimoramento do conhecimento sobre

esse assunto que engloba diversas áreas do saber em Engenharia de Produção, Sistemas de Informação, Engenharia Elétrica e Eletrônica, Telecomunicações, etc., com grande potencial a ser explorado.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é projetar três cenários possíveis no Brasil que representem a transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (*Smart Grid*).

Como objetivos específicos desse trabalho, pode-se destacar:

- Identificar papéis e responsabilidades de agentes envolvidos na cadeia de produção e consumo de energia elétrica que serão impactados/beneficiados pela SG;
- Realizar a projeção de cenários, com a participação de profissionais especialistas de diversas áreas do setor elétrico;
- Apresentar uma projeção de tendências que poderá servir de base para definição de ações referentes ao planejamento estratégico e operacional dos diversos agentes envolvidos;
- Avaliar a cadeia produtiva do sistema elétrico, de forma a identificar os ganhos que podem ser obtidos com a implantação dessa nova tecnologia e se os valores agregados pela SG são suficientes para sua viabilização no Brasil;
- Identificar as principais barreiras e pontos de atenção, associados à implantação e gestão da SG;
- Identificar potenciais pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório do setor elétrico a fim de apoiar à viabilização da implantação da SG no Brasil.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de três cenários futuros de implantação da SG no país. Dessa forma, será possível avaliar as tendências de implantação da *Smart Grid* no Brasil de acordo com os cenários estabelecidos e levantar os possíveis benefícios da transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (SG), observando toda a cadeia produtiva do sistema elétrico, de forma a identificar os ganhos que podem ser obtidos com a implantação dessa nova tecnologia no Brasil.

As premissas para elaboração dos cenários de difusão da SG no Brasil partem da experiência da implantação em outros países, que será obtida a partir de análise da bibliografia existente e através da opinião de especialistas. Essa análise bibliográfica deverá percorrer todo o período de tempo desde a primeira implantação de uma SG, no nível de cidade, sendo que esse horizonte temporal não se estende por mais de uma década.

A análise das referências e legislação do setor elétrico e energético deverá ser realizada, principalmente no Brasil, vis a vis à legislação internacional, para identificação das lacunas existentes que precisarão ser complementadas para suportar a evolução tecnológica da SG. Entretanto, o presente trabalho não pretende propor a legislação, mas apenas identificar pontos de melhorias que precisam ser desenvolvidas para atendimento à nova tecnologia de SG a ser implantada.

Em relação à tecnologia envolvida, o presente trabalho não deverá abordar com profundidade quesitos técnico de protocolos de comunicação de dados, sistemas de processamento de informações (*software* e *hardware*), telecomunicação e os sistemas de eletrônica e processadores dos medidores inteligentes.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após o capítulo 1, introdutório sobre o tema, relevância do assunto e objetivos, o capítulo 2 vai apresentar a revisão da literatura com uma conceituação sobre SG e seus consequentes impactos na cadeia de valor do sistema elétrico. Nessa revisão será abordada a regulamentação do setor elétrico quanto ao uso de SG e os incentivos ao investimento para implantação nova tecnologia. Também serão apresentados, respectivamente, os principais benefícios da utilização da SG e as principais barreiras para a difusão dessa tecnologia no Brasil.

Outros assuntos que serão tratados no capítulo 2 referem-se: i) inovações em sistema de informação, onde será apresentada uma visão geral do que é necessário para o desenvolvimento da SG; ii) elaboração de cenários, onde serão apresentados os principais métodos e técnicas de elaboração de cenários, assim como os principais personagens (autores) responsáveis pelo desenvolvimento das respectivas metodologias, e; iii) panorama macroeconômico do setor elétrico, com base no Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 (PDE 2021).

No capítulo 3, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados na elaboração do trabalho, que constitui principalmente na metodologia para elaboração dos cenários e avaliação das variáveis, enquanto que no capítulo 4 será feita a apresentação, análise e discussão dos resultados, com base nos dados coletados nas entrevistas realizadas aos especialistas do setor, e os três cenários futuros elaborados apresentando a tendência de difusão da SG no Brasil. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros e, logo após, as referências bibliográficas adotadas nesse trabalho.

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo está subdividido em quatro tópicos principais: i) inovações em sistemas de informações ii) *Smart Grid*; iii) projeção de cenários e; iv) panorama macroeconômico do setor elétrico. Com isso, será obtida a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa.

O primeiro tópico apresenta uma visão geral do que é inovação associada aos sistemas de informação e comunicação, necessários para o desenvolvimento da SG. Também é apresentada a cadeia de valor dos sistemas de informação, seguida por uma conceituação de uma escala que visa apresentar o nível de maturidade das tecnologias de informação e comunicação no contexto das cidades inteligentes.

No segundo é feito uma conceituação da cadeia de valor do sistema elétrico e em seguida são apresentadas algumas definições de *Smart Grid*, assim como seus impactos para toda cadeia de valor do sistema elétrico.

No terceiro tópico são apresentadas diversas definições e metodologias de projeção de cenários, com os principais métodos e técnicas de elaboração de cenários, assim como os principais personagens responsáveis pelo desenvolvimento das respectivas metodologias. No quarto tópico está apresentado o panorama macroeconômico do setor elétrico que subsidiará a elaboração dos cenários de difusão da SG.

2.1. INOVAÇÕES E SISTEMA DE INFORMAÇÃO

O avanço tecnológico e as inovações possibilitadas pela tecnologia da informação e sistemas de informação estão beneficiando o setor elétrico por tornar o gerenciamento da rede mais fácil e permitir a comunicação bidirecional entre a operação do sistema e o consumidor. Essa possibilidade de comunicação em tempo real entre os diversos dispositivos da cadeia do setor elétrico, associado a tecnologias de automação, possibilita o desenvolvimento de uma das maiores inovações dos últimos tempos do setor elétrico mundial: a *Smart Grid*.

Conforme destaca Drucker (1987), a inovação é o instrumento específico dos empreendedores no processo pelo qual exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviço diferente. Mas, o conceito de inovação é bastante variado, dependendo, principalmente da sua aplicação e pode ser considerado como a exploração com sucesso de

novas ideias, sendo que sucesso para as empresas, por exemplo, significa aumento de faturamento, acesso a novos mercados, aumento das margens de lucro, entre outros benefícios. No contexto da SG, a inovação trará como consequência a melhoria de processos, redução de custos operacionais e alteração de regras de negócio.

Dentre as várias possibilidades de inovar, aquelas que se referem a inovações de produto ou de processo são conhecidas como inovações tecnológicas. Outros tipos de inovações podem se relacionar a novos mercados, novos modelos de negócio, novos processos e métodos organizacionais. Dessa forma, a SG possibilitará diversas possibilidades de inovação.

Houve uma mudança fundamental no significado que a informação assume em uma sociedade globalizada: agora a informação não é apenas um recurso, mas é “o recurso”. A aceitação desta ideia coloca a informação como o recurso chave de competitividade efetiva, de diferencial de mercado e de lucratividade nesta nova sociedade, principalmente para quem utiliza recursos de inovação tecnológica para gestão da informação.

A importância da informação para as organizações é universalmente aceita, constituindo, senão o mais importante, pelo menos um dos recursos cuja gestão e aproveitamento estão diretamente relacionados com o sucesso desejado, conforme destacado por Moresi (2000). A informação também é considerada em muitas organizações como um fator estruturante e um instrumento de gestão e, com a SG haverá um grande volume de informação sendo gerada, que precisará ser gerida pelos gestores.

Alguns autores, como Gonçalves, Gouveia e Petinari (2008), destacam que a informação é o item ideal e primário a que todos devem recorrer para antecipar decisões em todos os sentidos, pois não há tomada de decisão sem conhecimento antecipado, posto que tudo seja baseado em conhecimento e este advém da informação. Logo, tudo o que acontece resulta em um conhecimento e este é a mola propulsora para originar novas tomadas de decisão, novas informações e, consequentemente, novos conhecimentos.

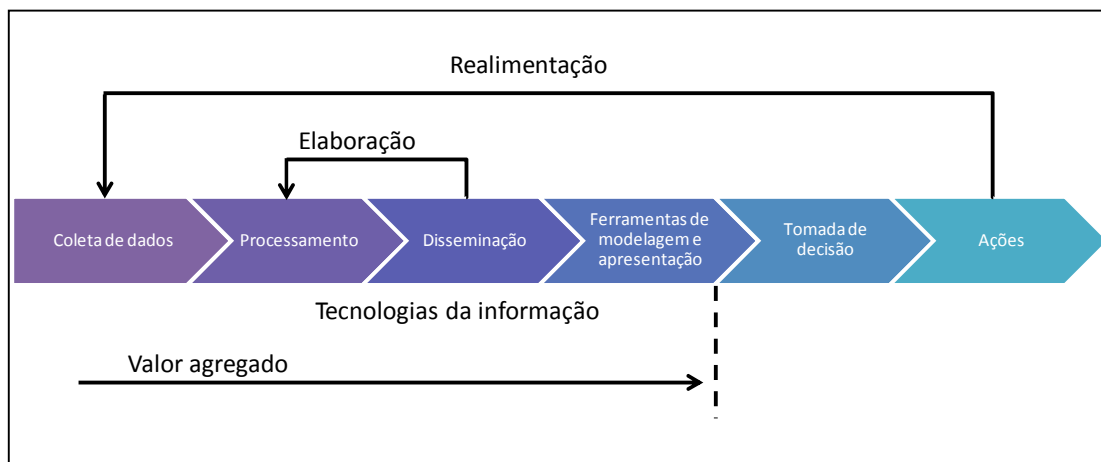
Os citados autores ressaltam ainda o surgimento do conhecimento através das informações e que a informação é a somatória da análise de dados que, unidos sobre um determinado esquema lógico, recebe sentido, direção para um ou vários objetivos. A informação, assim, é algo dinâmico, com a capacidade de receber valor ao seu significado primário e que pode, por si só, também agregar valor às decisões. Informação não é um

produto final, e sim o ponto de partida de um processo de tomada de decisão (GONÇALVES, GOUVEIA e PETINARI, 2008 apud MARCO, 1999).

Moresi (2000) destaca a utilização da cadeia de valor de um sistema de informação como um instrumento básico para diagnosticar e determinar o uso da informação em apoio às decisões e ações no âmbito de uma organização. No caso da SG, em que muitas decisões precisarão ser tomadas em tempo real, como no caso da operação do sistema, a cadeia de valor desse sistema de informação deverá ser muito bem depurada e específica para cada nível de usuário final a que se destina.

A cadeia de valor de um sistema de informação pode ser definida como um conjunto de atividades executadas em um sistema de informação com a finalidade de produzir e transferir a informação, proporcionando sustentação ao processo decisório de uma organização, conforme figura 4, que apresenta um diagrama desta cadeia, onde as atividades de valor são os blocos relativos à produção (processamento) e à transferência da informação (disseminação).

Figura 4 – Cadeia de valor de um sistema de informação



Fonte: Adaptado de Moresi (2000)

O fluxo da informação em uma organização é um processo de agregação de valor, e o sistema de informação pode ser considerado como a sua cadeia de valor, por ser o suporte para a produção e a transferência da informação. Assim, um sistema de informação é uma combinação de processos relacionados ao ciclo informacional, de pessoas e de uma plataforma de tecnologia da informação, organizados para o alcance dos objetivos de uma organização, conforme análise de Moresi (2000).

Assim, SG é a combinação de sistemas de informação que realizam a convergência do fluxo de informação para apoio à tomada de decisão e operação otimizada do sistema elétrico e todas as suas entidades associadas, compondo, em uma escala mais ampla, as cidades inteligentes, que extrapolam esse fluxo de informação para utilização em larga escala, a nível regional possibilitando ganhos à toda cadeia de valor envolvida.

2.1.1. Tecnologias de informação e comunicação no contexto das cidades inteligentes

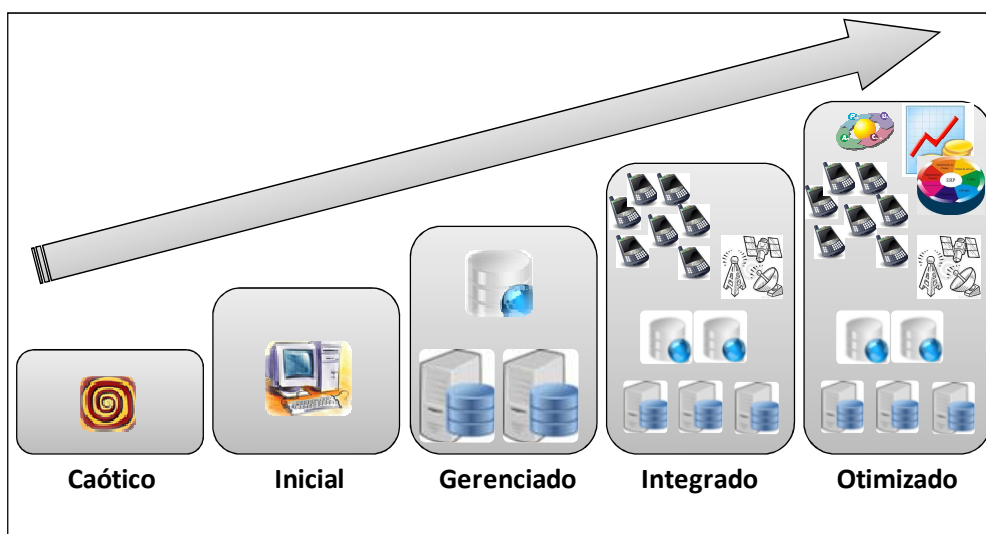
O termo “cidades inteligentes” tem sido cada vez mais relacionado ao emprego eficiente de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), como uma ferramenta para melhorar a infraestrutura e serviços da cidade, consequentemente trazendo melhor qualidade de vida para a sociedade, conforme destacam Gama, Alvaro e Peixoto (2012). O termo cidades inteligentes também está ditamente associada à disseminação da SG e toda tecnologia da informação necessária para suportá-la.

Por outro lado, esses autores destacam ainda, que é necessária a criação de sistemas capazes de lidar com toda a massa de informação criada, seja através de sistemas complexo para análise dos dados seja através de infraestrutura para interligar estes sistemas. Níveis de maturidade tecnológica serviriam como guia gradativo rumo à construção de uma cidade inteligente, auxiliando na tomada de decisão, gestão e planejamento estratégico das cidades.

Para Gama, Alvaro e Peixoto (2012), a concretização da visão de uma cidade inteligente inclui a integração de dispositivos (conceituais e físicos) variados. As ações envolvem a integração de diferentes sistemas de coleta de dados, que estarão interligados através da internet. Cada sistema pode empregar abordagens tecnológicas diferentes e possivelmente a integração com sistemas legados. O processo de implantação para alcançar o nível de eficiência ideal de uma cidade inteligente deve ser gradativo. O modelo gradual proposto por estes autores está dividido em cinco níveis, conforme ilustrado na figura 5 e descritos a seguir.

a) Caótico: Início do processo. Nesta fase as cidades não possuem TICs para auxiliar no processo de gerenciamento da cidade, mas podem até possuir alguns dados das poucas informações que obtém de serviços básicos prestados a população, porém não fazem uso destes dados. Ainda nesta fase, a população pode utilizar aplicativos com dados em tempo real em seus *smartphones*, sem serem “endossados” por órgãos governamentais.

Figura 5 – Níveis de maturidade tecnológica de cidades inteligentes



Fonte: Adaptado de Gama, Alvaro e Peixoto (2012)

b) Inicial. Fase de planejamento e modelagem de sistemas de informação que irão auxiliar em determinado domínio assim como a identificação de sistemas existentes que potencialmente podem ser integrados à solução da cidade inteligente. Neste nível pode existir alguma automação na captura dos dados a serem gerenciados, como uso de sensores diversos como RFID (identificação por radiofrequência), ZigBee (comunicação sem-fio entre dispositivos eletrônicos, com ênfase na baixa potência de operação, na baixa taxa de transmissão de dados e no baixo custo de implantação) e sistema de informação georreferenciado, para desenvolvimento de aplicações.

c) Gerenciado. Dados coletados (dados de tráfego, dados de consumo de energia, qualidade de água, etc.) e acessíveis através de sistemas de informação. Por exemplo, SIGs podem ser empregados neste nível para visualizar dados por região; dados podem servir para a geração de informação de alto valor agregado (ex: rotas de trânsito baseadas em dados em tempo real sobre o tráfego); sensores podem ser alojados no leito dos rios e represas visando informar a população via SMS quando uma possível enchente pode acontecer, dentre outras possibilidades, como o caso da SG que possibilita inúmeros dispositivos coletando dados em diversos pontos do sistema elétrico, utilizados para aplicações distintas.

d) Integrado. Cidade inteligente com sistemas utilizando o modelo de computação em nuvem, estando integrados e disponíveis na forma de serviços tanto para cidadãos como para aplicações de terceiros. O cidadão tem papel ativo como usuário dos serviços da nuvem como alimentador de dados, através de seus dispositivos móveis que se comunicam com a

nuvem. Nesta fase o uso de computação ubíqua e autonômica são essências visando estar disponível em todo e qualquer lugar e visando reduzir necessidade de manutenção, respectivamente.

e) Otimizado. Cidade eficiente, buscando inovar e ser pioneira nas soluções de TICs; apoio à tomada de decisões utilizando os dados obtidos dos diversos domínios da cidade; uso de informações para sistemas de previsão de eventos, sejam climáticos ou não; suporte a tomada de decisão tanto para a população quanto para governantes, ou seja, tanto informação para o município quanto informação para o governante tomar decisões. Neste nível entra em ação sistemas de apoio a decisão para auxiliar nas decisões estratégicas das cidades.

No contexto das cidades inteligentes, Araújo *et al* (2011), ressaltam que a tradução do termo *Smart Grid* já transmite a essência do seu significado: rede inteligente. Esta rede é a aplicação de tecnologia de informação para o sistema elétrico de potência, integrada aos sistemas de comunicação e infraestrutura de rede automatizada.

Ainda segundo esses autores, para alcançar seus resultados, a SG conta com três pontos principais: o sensoriamento, a telecomunicação e o processamento de dados em informações. O sensoriamento exerce o papel de captação das informações sobre a operação e o desempenho da rede, apresentando, através dos medidores inteligentes (uma das ferramentas do sistema), parâmetros como tensão e corrente, e após uma análise fornece as informações.

A telecomunicação exerce a função de transmitir as informações coletadas da rede. Esta transmissão pode ocorrer de duas maneiras: com a *Power Line Communications*, tecnologia que usa a própria rede elétrica para transmitir os dados, ou com tecnologias de transmissão de dados desvincilhadas da rede de energia elétrica (GSM, GPRS, UMTS, SMS, etc.). O processamento, último ponto, exerce a função de interpretar as informações em trânsito e tomar decisões de forma independente, entre outras coisas (ARAÚJO *et al*, 2011).

A SG funciona a partir de sensores que detectam informações significativas, comunicam os dados de volta para um sistema analítico central. Este sistema é representado, geralmente, por um software que irá analisar os dados e determinar o que há de errado na rede e o que deve ser feito para melhorar o desempenho dela.

Por último, há a integração de ponta que varia desde o sistema de gestão do cliente em casa, através da leitura dos medidores inteligentes, até o controle e acompanhamento da

integração de outras fontes, como as placas solares. Existe também o abastecimento de veículos elétricos que exigem a interação com a rede para ser bem sucedido. O foco no desenvolvimento desse tipo de sistema está na simplificação da tomada de decisão e no aumento da qualidade da distribuição de energia no que diz respeito à confiabilidade da rede, através da gestão da informação.

2.2. CADEIA DE VALOR DO SISTEMA ELÉTRICO E OS IMPACTOS DA SMART GRID

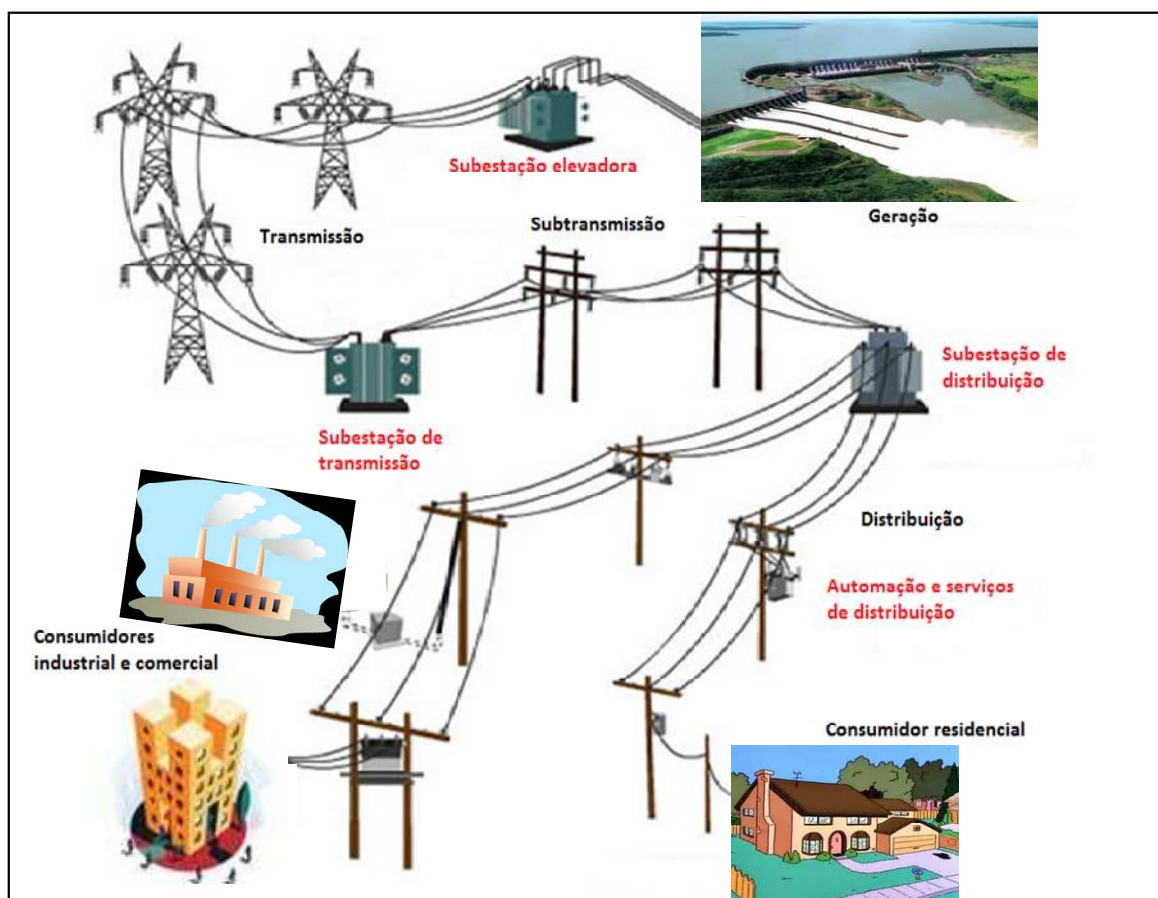
2.2.1. A cadeia de valor do sistema elétrico

O produto da cadeia de valor do sistema elétrico é a energia elétrica entregue aos consumidores, entretanto as concessionárias de distribuição de energia são consideradas empresas de serviço, pois realizam o serviço de disponibilizar energia elétrica para os consumidores. A energia elétrica é um produto imprescindível para a sociedade atual para produzir luz, calor, movimento e outras formas de transformação energética.

A cadeia de valor do setor elétrico é basicamente composta por geradores espalhados pelo país, que podem ser de diversos tipos de fontes (hidrelétrica, eólica, térmica, solar, etc.), pelas linhas de transmissão e de distribuição de energia e pelos consumidores. Todo o sistema é eletricamente conectado, exigindo o balanço constante e instantâneo entre tudo o que é gerado e consumido. A figura 6 apresenta uma ilustração da composição do sistema elétrico.

Um ponto relevante a ser mencionado sobre a produção e o consumo de energia elétrica é que, diferentemente de outros sistemas de redes, como saneamento e gás, a energia elétrica não pode ser armazenada de forma economicamente viável, e isso implica na necessidade de equilíbrio constante entre oferta e demanda. Em outras palavras, toda a energia consumida deve ser produzida instantaneamente e, quando há desequilíbrios, mesmo que por pequenas frações de tempo, todo o sistema corre o risco de desligamentos em cascata, os chamados “apagões”.

Figura 6 – Composição do sistema elétrico



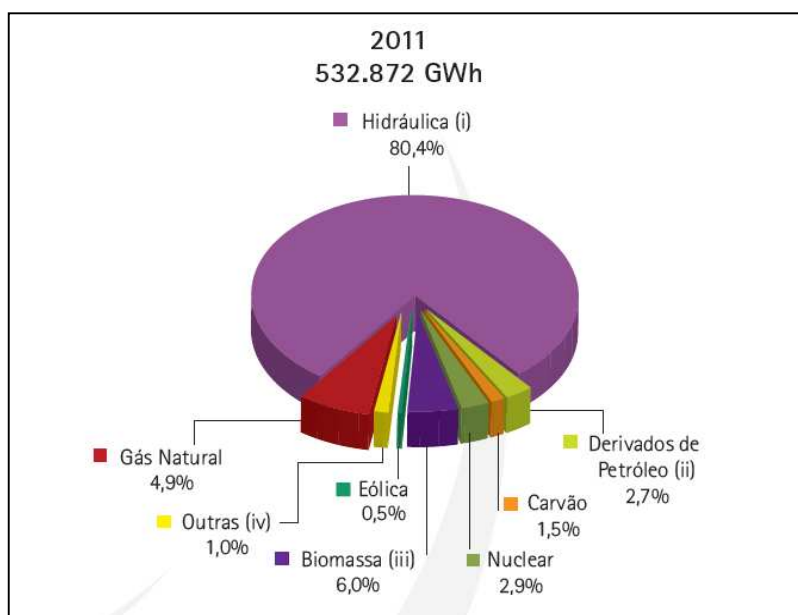
Fonte: Elaborado pelo autor

Os setores de transporte da energia – a transmissão e a distribuição – são considerados monopólios naturais, pois sua estrutura física torna economicamente inviável a competição entre dois agentes em uma mesma área de concessão. Nestes dois segmentos, predomina o modelo de regulação de preços ou regulação por incentivos, enquanto que os setores de geração e comercialização foram caracterizados como seguimentos competitivos, dada a existência de muitos agentes e também pelo fato do produto, a energia elétrica, ser homogêneo, como uma *commodity* (ABRADEE, 2013).

A geração é o segmento responsável por produzir energia elétrica e injetá-la nos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para que chegue aos consumidores. Especificamente no Brasil, o segmento de geração é bastante pulverizado, atualmente contando, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com 2.661 empreendimentos geradores. A maioria desses empreendimentos, 1.570, são usinas termelétricas de médio porte, movidas a gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral. Apesar disso, praticamente 70% da capacidade instalada no país, e 74% da

energia gerada, são de origem hidrelétrica e limpa, contando com 199 empreendimentos de grande porte, 418 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 385 micro usinas hidrelétricas (EPE, 2012a), conforme apresentado na figura 7, que discrimina a participação percentual das fontes energéticas na composição da geração total do Brasil em 2011.

Figura 7 – Geração elétrica por fonte energética no Brasil, participação %



Fonte: EPE (2012a)

Outro aspecto de destaque são os empreendimentos de geração em operação no país, como mostra a tabela 3, onde discrimina a quantidade e potência instalada.

Tabela 3 – Empreendimento de geração em operação no Brasil em 2011

EMPREENHIMENTOS DE GERAÇÃO EM OPERAÇÃO NO BRASIL (2011)			
TIPO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (kW)	
Micro Usinas Hidrelétricas (menor que 1 MW)	385	228.866	
Central Geradora Eólica	79	1.638.232	
Pequena Central Hidrelétrica (1MW a 30MW)	418	4.020.623	
Usina Fotovoltaica (solar)	8	1.494	
Usina Hidrelétrica de Energia (maior que 30MW)	199	78.826.649	
Usina Termelétrica de Energia (fóssil ou biomassa)	1.570	32.143.273	
Usina Termonuclear (nuclear)	2	2.007.000	
TOTAL	2.661	118.866.137	

Fonte: Construído a partir de EPE (2012a)

Conforme ABRADÉE (2013), no Brasil, o segmento de transmissão de energia elétrica conta com 77 concessionárias, responsáveis pela administração e operação de mais de cem mil quilômetros de linhas de transmissão espalhadas pelo país, conectando os geradores aos grandes consumidores ou, como é o caso mais comum, às empresas distribuidoras. No Brasil, o segmento de transmissão é aquele que se caracteriza por operar linhas em tensão elétrica superior a 230 mil Volts.

O sistema de transmissão no Brasil é denominado Sistema Interligado Nacional – SIN, pois conecta todas as regiões geo-elétricas do país. O diagrama representativo do SIN está apresentado na figura 8 e, as extensões das linhas de transmissão por nível de tensão estão indicadas na tabela 4.

Figura 8 – Forma esquemática da configuração do SIN referente ao ano de 2011

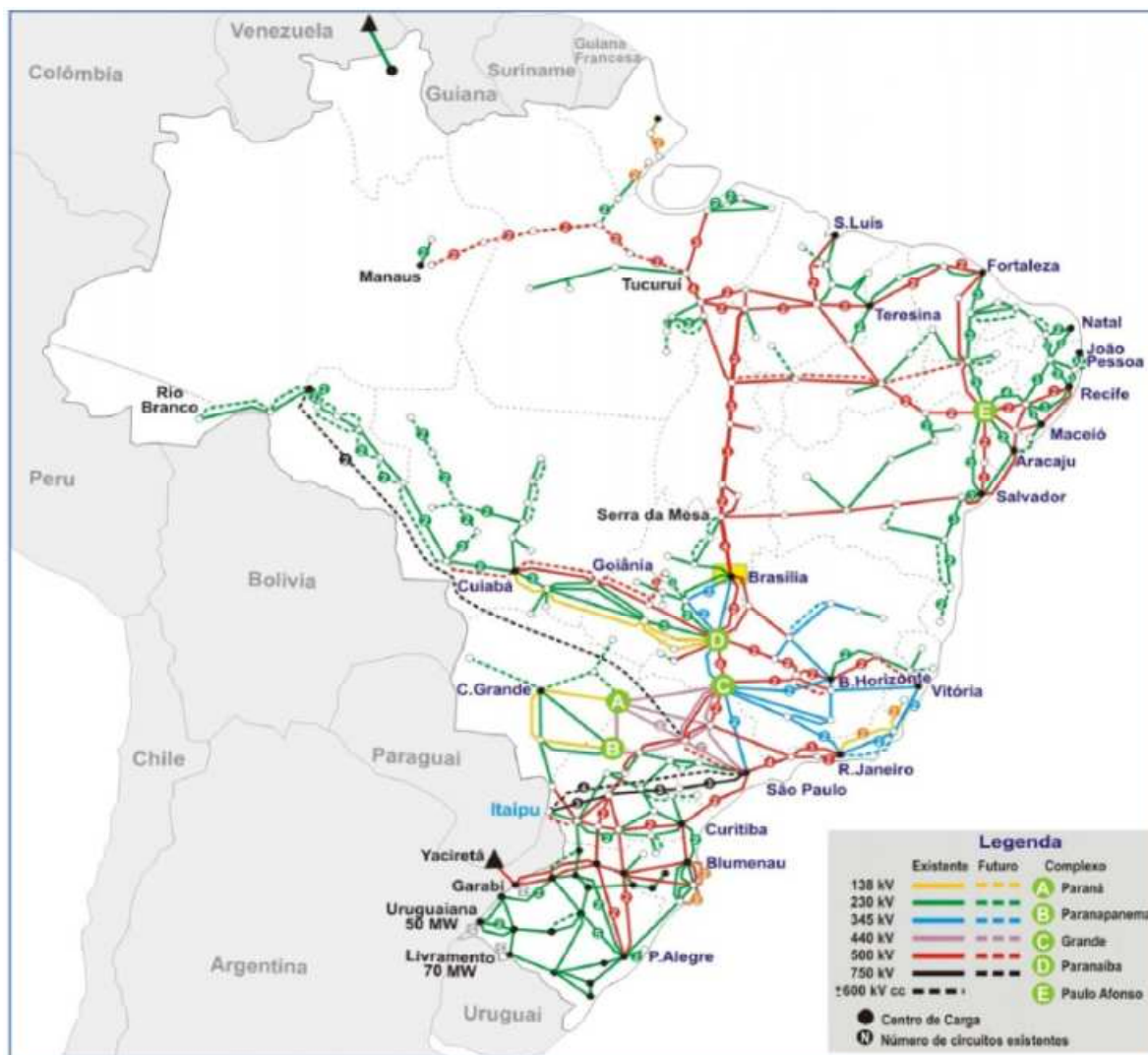


Tabela 4 – Extensão das linhas de transmissão do SIN (km), em 2011

NÍVEL DE TENSÃO	2007	2008	2009	2010	2011	$\Delta\%$ (2011/10)	Part. % (2011)
230kV	37.155	37.710	41.437	43.185	45.709	5,8	44,2
345kV	9.772	9.772	9.784	10.061	10.062	0,0	9,7
440kV	6.671	6.671	6.671	6.671	6.681	0,2	6,5
500kV	29.392	31.868	33.196	34.456	35.003	1,9	33,9
600kV CC	3.224	3.224	3.224	3.224	3.224	0,0	3,1
750kV	2.683	2.683	2.683	2.683	2.683	0,0	2,6
TOTAL	88.898	91.929	96.995	100.179	103.362	3,2	100,0

Fonte: Construído a partir de EPE (2012a)

O segmento de distribuição é aquele que recebe grande quantidade de energia do sistema de transmissão e a distribui de forma pulverizada para consumidores médios e pequenos. Existem também unidades geradoras de menor porte, normalmente menores do que 30 MW, que injetam sua produção nas redes do sistema de distribuição.

Conforme ABRADÉE, 2013, no Brasil, o segmento de distribuição é composto por 63 concessionárias, as quais são responsáveis pela administração e operação de linhas de transmissão de menor tensão (abaixo de 230 mil Volts), mas principalmente das redes de média e baixa tensão, como aquelas instaladas nas ruas e avenidas das grandes cidades. É a empresa distribuidora quem faz com que a energia elétrica chegue às residências e pequenos comércios e indústrias.

2.2.2. Impactos da *Smart Grid* na cadeia de valor do sistema elétrico

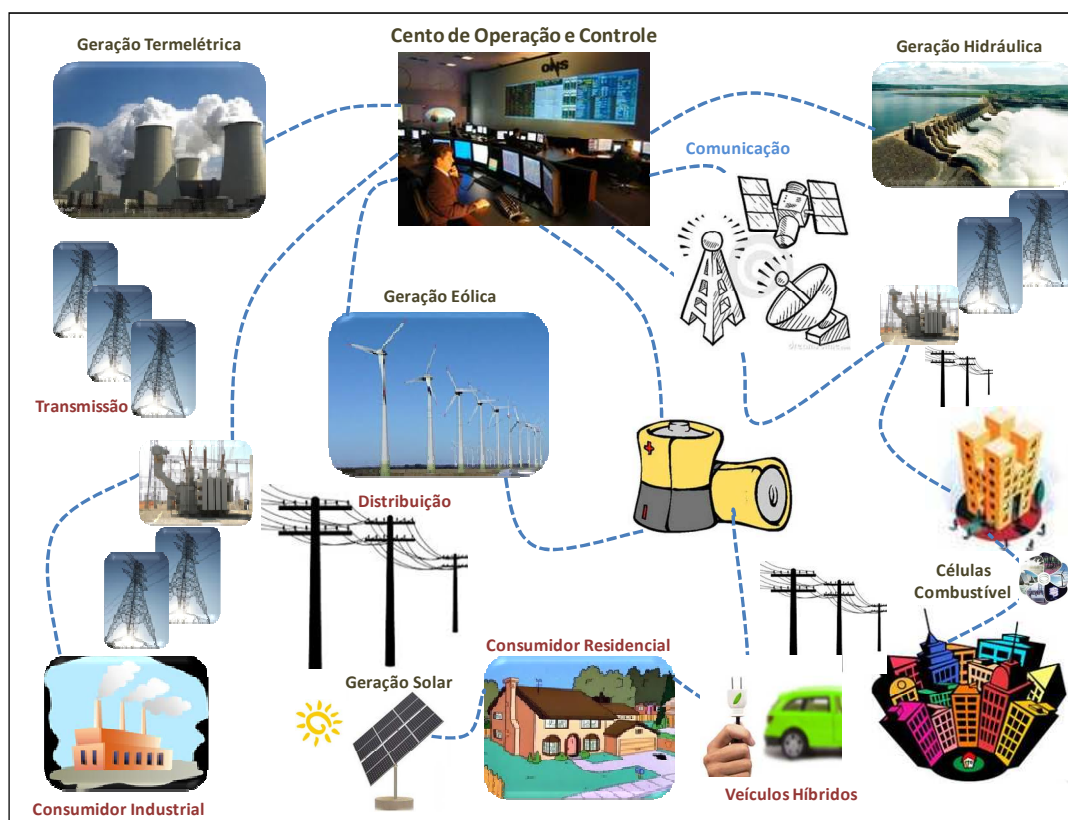
A SG carrega em si um conceito e um empreendimento muito recente, mesmo em países desenvolvidos. Hou, Zhou e He (2011) relatam que a primeira cidade em que foi implantada a SG nos Estados Unidos da América, foi Boulder, no Colorado, em 2008.

A SG é constantemente citada como a solução para a indústria de eletricidade, entretanto o seu entendimento não está claro quanto sua terminologia, aplicação e benefícios. Enquanto alguns entendem que SG compreende a instalação de medidores inteligentes nas unidades consumidoras residenciais e comerciais, outros entendem que se trata da integração das fontes de geração distribuída à rede elétrica, conforme destaca Wissner (2011).

Pela definição da IEA (*International Energy Agency*), conforme destacam Souza e Deus (2011): “uma *Smart Grid* é uma rede de eletricidade que usa tecnologia digital para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade a partir de todas as fontes de geração encontrando uma variedade de demandas e usuários. Essas redes estarão aptas a coordenar as necessidades e capacidades de todos os geradores, operadores, usuários finais e *stakeholders* do mercado de eletricidade de forma a otimizar a utilização e operação dos ativos no processo, minimizando os custos e impactos ambientais enquanto mantém a confiabilidade, resiliência e estabilidade do sistema”.

Adicionalmente, a SG consiste em instalar sobre o sistema elétrico convencional existente, toda uma tecnologia de telecomunicação e automação que permita monitorar e operar todos os elementos dessa rede em tempo real, desde as fontes de geração de energia, passando pelas linhas de transmissão, subestações de energia, linhas e redes de distribuição, até chegar ao consumidor final. Com isso será possível saber a cada instante qual o consumo de energia, para realizar o despacho da fonte de geração mais barata e abundante a cada momento. Também será possível operar remotamente qualquer equipamento automatizado que estiver conectado a essa rede. Na figura 9 está apresentada uma ilustração da composição do sistema elétrico inteligente (SG) e a interconexão (elétrica e de comunicação de dados) entre os diversos agentes envolvidos.

A rede elétrica “modernizada” ou “inteligente” executará continuamente o auto diagnóstico para detectar, analisar, localizar e responder, em tempo real, as necessidades das condições operativas, restabelecendo os componentes de rede ou áreas afetadas por alguma condição incomum, com um mínimo de intervenção humana. Agindo como um sistema imune, a rede auto recuperável ajudará a manter a confiabilidade, a segurança, a qualidade da energia e a eficiência da rede elétrica. Assim a “moderna” rede elétrica, a SG, além de requerer uma mudança na infraestrutura de campo, requererá um massivo uso de aplicações e ferramentas computacionais de tempo real para habilitar operadores, despachantes e gerentes na tomada de decisão, particularmente, o suporte às decisões com a melhoria das interfaces ampliará em muito a capacidade humana de decisão em todos os níveis da rede, conforme destaca Pascalicchio (2010).

Figura 9 – Composição da *Smart Grid* e seus diversos agentes

Fonte: Elaborada pelo autor

Outra vertente, muito importante, da SG e da otimização do sistema elétrico é dar poder ao usuário final do serviço de energia elétrica (consumidor). Esse poder está diretamente relacionado à gerência, à tomada de decisões e ao controle do seu consumo de energia. Atualmente no Brasil, apenas clientes corporativos, ou instituições de grande porte, usufruem desses benefícios em função das características técnicas dos medidores de energia instalados, que permitem a telemetria do consumo e a conexão com dispositivos externos e do tipo de tarifação que possui tarifas diferenciadas em função do horário do consumo.

Falcão (2010) e Gomes, Printes e Ramos (2010), relatam outras características atribuídas à SG:

- Autorrecuperação: capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;
- Tolerância a ataques externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e “cyber-ataques”;

- Qualidade de energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital;
- Acomodar uma grande variedade de fontes e demandas: capacidade de integrar de forma transparente (*plug and play*) e uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- Reduzir o impacto ambiental, reduzindo perdas e utilizando fontes de geração de energia renovável;
- Garantir a segurança do fornecimento;
- Suporte a custos baixos de operação;
- Minimizar perdas técnicas;
- Minimizar manutenção e intervenção manual;
- Resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a microgeração.

A SG, através de recursos de controle e de monitoramento, irá alterar profundamente as regras do jogo na cadeia de valor do setor elétrico. Giordano e Fulli (2012) destacam a possibilidade de medir com detalhe o consumo de energia elétrica (até o aparelho final), pois vai criar uma ligação entre cada unidade consumidora e a prestadora de serviço, com a possibilidade de ter a fatura de energia no final do mês com detalhamento em termos de ciclos de máquina de lavar roupa, horas de TV, o nível de conforto proporcionado pelo ar condicionado, onde se diferenciarão as fontes de geração, tempo de consumo, a prioridade da oferta, a qualidade da energia, que por sua vez torna possível segmentar os perfis de consumidores e oferecer-lhes um fornecimento de energia elétrica adaptada para suas necessidades reais, preferências e restrições econômicas.

Nessa direção, o Regulador Europeu de Eletricidade e Gás (ERGEG) define *Smart Grid* como sendo uma rede elétrica que integra comportamento e ações de todos os usuários conectados a ela (geradores, consumidores e todo sistema de transmissão e distribuição), com

objetivo de obter eficiência econômica, eficiência do sistema de potência com baixas perdas e altos níveis de qualidade, segurança do suprimento e segurança operacional.

Para que essa nova concepção de rede de controles opere de forma satisfatória, atendendo critérios de segurança, qualidade, confiabilidade, assim como às premissas ambientais, regulatórias e econômicas, se faz necessária a adoção de políticas de otimização e automação da rede elétrica, suportadas pelos avanços tecnológicos da digitalização, da tecnologia da informação e telecomunicações, onde a SG será responsável por integrar e operacionalizar todas essas tecnologias.

Dessa forma, destaca-se que a SG é um conjunto de tecnologias inteligentes (ferramentas de *software e hardware*) capazes de tornar o sistema elétrico mais eficiente, reduzindo a necessidade de capacidade excedente, através mudanças no processo de distribuição de energia elétrica tornando-o uma via de mão dupla para a energia gerada/consumida (BATTAGLINI *et al*, 2009).

2.2.3. A tecnologia da informação e comunicação necessária para implantar a *Smart Grid*

Ao aplicar tecnologias da informação e telecomunicação, bem como tecnologias de computação na rede elétrica convencional, que se transformará em uma rede elétrica inteligente, será possível aumentar muito a taxa de utilização de ativos de energia e a gestão da geração/consumo, otimizar a alocação de recursos, e melhorar ainda mais a capacidade e qualidade do serviço (LI e ZHOU, 2011).

Para viabilização da concepção da SG, Nair e Zhang (2009) afirmam que é fundamental que os equipamentos integrantes do sistema elétrico se comuniquem e se entendam (falem uma mesma linguagem). Os protocolos de comunicação universal que devem ser definidos precisam atender algumas características fundamentais, tais como: seletividade, sensibilidade, velocidade e capacidade de reabilitação.

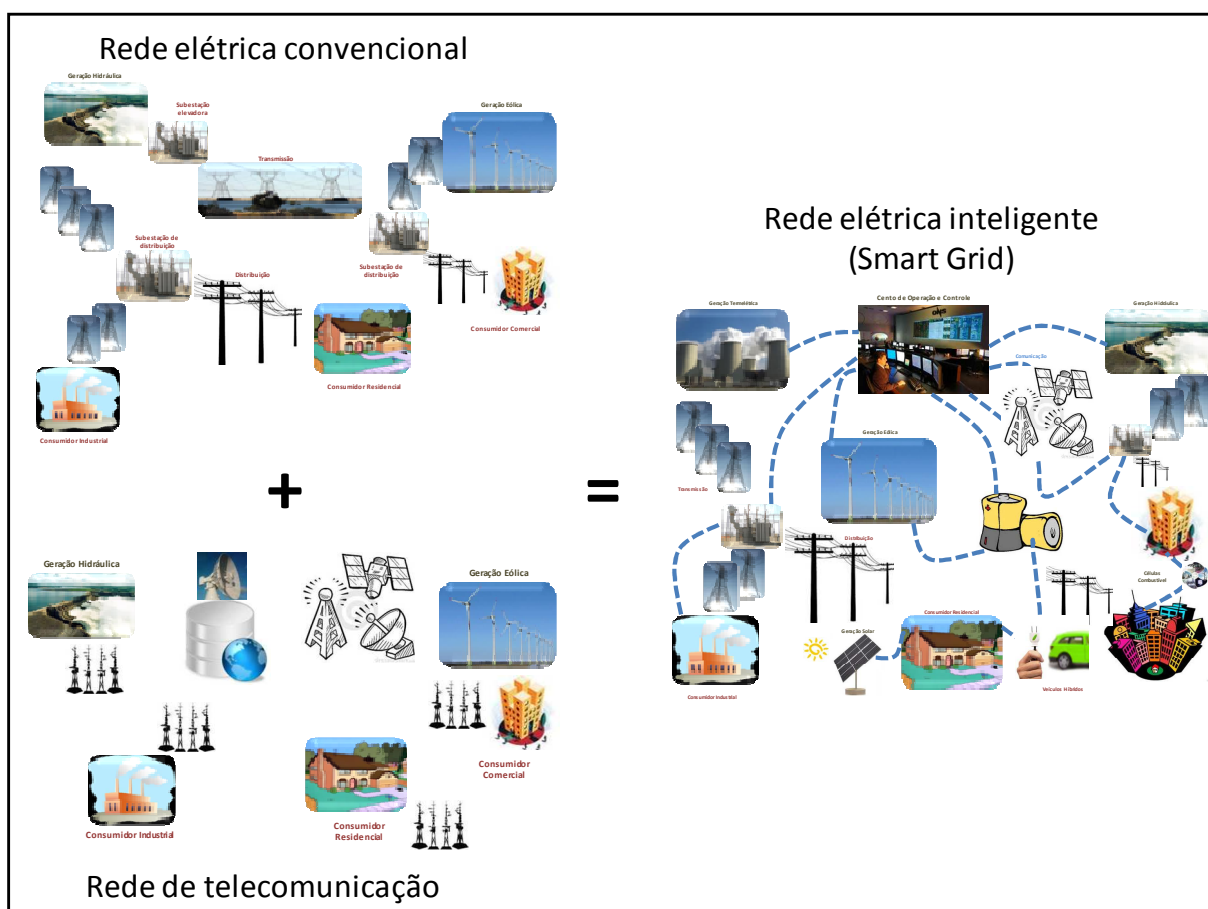
A estrutura para implantação de novas tecnologias tem mudado significativamente nos últimos anos por diversas razões. Segundo Wissner (2011), a base para transformação do sistema elétrico é avaliado pela tecnologia da informação e telecomunicação.

A grande penetração da tecnologia da informação e telecomunicação é um resultado do desenvolvimento das redes comunicação sem fio (GPRS, WiMAX, UMTS, satélite). Essa

evolução contribuiu para o processo de telemetria de diversas atividades. O telefone celular, por exemplo, pode ser usado para acionar remotamente o sistema de aquecimento/refrigeração ou qualquer outro equipamento elétrico em uma residência inteligente.

Dessa forma, a composição da SG, como sendo a associa ou sobrepõe a rede elétrica convencional com a rede de telecomunicação e armazenamento de dados (figura 10), essa nova rede elétrica inteligente possui um fluxo bidirecional de informação e energia entre os agentes envolvidos.

Figura 10 – Composição da *Smart Grid* (rede elétrica convencional + rede de telecomunicação)



Fonte: Elaborada pelo autor

Na análise de Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011), existem diversos meios de se implantar a comunicação destes dispositivos com confiabilidade, porém, de todas as possibilidades propostas e disponíveis de tecnologias de comunicação, as tecnologias GPRS e PLC são atualmente mais usuais por causa da facilidade na manutenção e fatores econômicos.

Para Blumsack e Fernandez (2012), a SG em si é simplesmente a aplicação de infraestrutura de comunicação moderna para vários segmentos da rede elétrica. Poucos

avanços tecnológicos em *hardware* são necessários para tornar a SG funcional e útil, mas os sistemas de controle, *software*, e as políticas necessárias para realizar plenamente a SG ainda estão em desenvolvimento.

De fato, apesar dos grandes avanços da tecnologia da informação e telecomunicações, que estão permitindo o desenvolvimento da SG, ainda falta o desenvolvimento de padrões e de protocolos de comunicação e até mesmo evolução e difusão mundial das tecnologias mais modernas desse setor, que são de extrema importância para a efetiva operacionalização da SG, sendo que no Brasil esse fato ainda é potencializado, haja vista o estrangulamento atual dos sistemas de comunicação móvel.

2.2.4. *Smart Grid* nos sistemas de geração

Na análise de Blumsack e Fernandez (2012), as políticas energéticas nos Estados Unidos e outras nações desenvolvidas incentivaram o crescimento na geração de eletricidade renovável. A intermitência dos sistemas de geração de energia eólica e solar coloca desafios aos operadores do sistema elétrico que devem garantir que a demanda e a oferta estejam equilibradas em todos os momentos. O grande desafio quanto à conexão de fontes de geração de energia renovável, diz respeito à sazonalidade de sua geração, não estando disponíveis para injetar energia no sistema a qualquer instante.

A respeito da intermitência de geração das fontes renováveis, Ota *et al* (2012) destacam que uma solução existente para minimizar a necessidade de complementação da energia através do uso de geração térmica (queima de combustíveis fósseis) seria o armazenamento do excedente de energia gerada pelas fontes renováveis em bancos de baterias. Uma solução que pode ser utilizada é o aproveitamento das baterias dos veículos elétricos para armazenamento desse excedente de energia, que seria injetado no sistema no horário de maior carga (horário de ponta), mas nesse caso deveria ser planejado o descarte de tais baterias quando terminada sua vida útil.

Segundo Wissner (2011), a principal opção que a SG oferece para o setor de geração é uma melhor integração de fontes de energia renovável como solar e eólica. Esse sistema permite integrar o sistema de geração conectado à rede de distribuição em baixa e média tensão (geração distribuída). Isso vai contribuir para diversos países a alcançarem suas metas

de aumento da energia gerada através de fontes renováveis. Na figura 11 estão apresentados exemplos das fontes de geração de energia mais comumente utilizados.

Figura 11 – Exemplos de fontes de geração de energia elétrica



Fonte: Elaborada pelo autor

Alguns benefícios da geração distribuída são descritos por Nair e Zhang (2009):

- Elevação da capacidade de suprimento/carga da rede elétrica;
- Aumento da segurança do suprimento energético, evitando sobrecarga nos horários de ponta do sistema e consequentes restrições de atendimento;
- Redução de perdas de energia e postergação de investimentos em ampliação da capacidade e consequentemente redução das emissões de carbono.

Porem, ainda segundo os citados autores, existe alguns desafios para geração distribuída e implantação da SG:

- Tecnologia existente defasada;
- Dificuldade de ajuste e coordenação da proteção elétrica existente;
- Dificuldade para manutenção da qualidade do produto, com diversas fontes de geração alternativa (nível de tensão, harmônicos e frequência);
- Altos custos associados.

Outra opção que é possível através da SG são as chamadas plantas virtuais de geração, que são compostas por um agrupamento de várias pequenas unidades de geração, as quais, quando agrupadas e comandadas em grupo, possuem a característica de uma grande unidade de geração. Em termos de aspectos ecológicos, uma planta virtual de geração normalmente é composta de unidades de geração renováveis.

Com a implantação das SG, geradores obteriam uma imagem mais clara da demanda e maior precisão dados sobre a rede de distribuição, acarretando meios de aperfeiçoar os recursos de produção devido a melhor gestão da demanda, conforme destaca Clastres (2011).

Assim, o principal ganho possibilitado pela SG no sistema de geração diz respeito a explorar ao máximo a utilização do potencial de geração de fontes renováveis instaladas e da geração distribuída, pois essas fontes normalmente não permitem o despacho (geração) no momento mais apropriado ao consumo. Fontes de geração como a solar e a eólica, por exemplo, precisam gerar e injetar no sistema a energia gerada no momento de disponibilidade do sol e vento, respectivamente. O complemento da geração de energia para atendimento à demanda daquele horário deve ser realizado com as demais fontes de energia renováveis que possuem a possibilidade de armazenamento de seus insumos (geração hidrelétrica, geotérmica, nuclear, etc.).

2.2.5. *Smart Grid* nos sistemas de transmissão e operação

Segundo Blumsack e Fernandez (2012), mais da metade dos estados dos EUA adotaram o chamado “Padrão de Portfólio Renovável”, com recursos investidos no sistema elétrico em geração de baixo nível de emissões como a eólica, solar, geotérmica e outras, para reduzir a emissão de poluentes e as perdas do sistema de transmissão. Porém, isso causa problema para os operadores do sistema, pois grande fração da oferta do sistema de geração é intermitente e “não despachável” (despacho “na base”).

O sistema de transmissão é o aglutinador do sistema de energia elétrico, como no caso do Brasil, as principais fontes de energia são conectadas aos usuários finais, passando pelo sistema de distribuição. Nesse caso, falhas no sistema de transmissão podem desencadear perturbações sistêmicas que, em alguns casos resultam em desligamentos de parte ou do todo do sistema elétrico, causando os blackouts ou apagões (FALCÃO, 2010).

Uma das funções da SG seria melhorar o acompanhamento e operação do sistema de transmissão de alta tensão onde grandes blocos de energia são transmitidos. Há algumas vantagens econômicas para esse sistema, mesmo com a desvantagem de introdução de algumas deficiências energéticas (perdas resistivas ao longo de linhas de transmissão). Nesses casos devem ser respeitados os limites de capacidade de transmissão de energia elétrica dessas linhas de transmissão.

As tecnologias de SG podem permitir aos operadores do sistema controlar energia do sistema de transmissão com maior precisão, através da implantação de Sistemas Flexíveis de Transmissão (FACTS). Esses dispositivos (FACTS) podem permitir a otimização da transmissão em tempo real ou em resposta às condições do sistema, conforme destacado por Blumsack e Fernandez (2012). Dessa forma, é possível explorar o máximo da capacidade operacional do sistema de transmissão de energia, aumentando a eficiência, segurança e confiabilidade do sistema e, ao mesmo tempo, possibilita a postergação de investimentos na expansão desse sistema.

2.2.6. *Smart Grid* nos sistemas de distribuição

O planejamento e a operação dos sistemas de energia elétrica na geração centralizada e na transmissão, em geral, recebem um tratamento integrado, enquanto os diversos subsistemas de distribuição são estudados de forma independente. O interesse vital para os operadores da rede de distribuição é saber a carga atual do sistema e proporcionar a estabilidade do sistema. Diversos programas de incentivo pelo preço e incentivo baseado na demanda são desenvolvidos e projetados para modelar e equalizar a demanda, sendo necessária a aplicação de tecnologia da informação e telecomunicação e medidores inteligentes, para sua operacionalização (WISSNER, 2011).

Nesse caso, os sistemas de distribuição são aqueles que estão sendo mais beneficiados pela tecnologia SG. Falcão (2010) ressalta que os medidores eletrônicos acrescentam uma série de novas funcionalidades ao antigo medidor eletromecânico de consumo, constituindo-se em um medidor inteligente, o qual abre a possibilidade de inovações importantes, tais como:

- AMI (*Advanced Metering Infrastructure*): permitirão a leitura automática da demanda e consumo de consumidores individuais, conexão e desconexão de consumidores;
- Detecção e isolamento automático de faltas, reconfiguração e restauração do serviço (fornecimento de energia);
- Controle coordenado de tensão e fluxo de reativos.

Falcão (2010) destaca que esta abordagem deverá sofrer uma alteração conceitual com a entrada da SG. A comunicação bidirecional de informação e o fluxo de energia entre o sistema e o consumidor (e também o sentido inverso, em caso de cogeração), cria a necessidade de uma abordagem integrada de todos os segmentos, pelo caráter cada vez mais ativo do sistema de distribuição e usuários finais. Esta mudança de paradigma afetará substancialmente as metodologias de planejamento da expansão, planejamento da operação e monitoração e controle em tempo real.

Portanto, cabem às concessionárias de distribuição de energia elétrica adequar seus processos internos para auferir todo o potencial de ganhos possíveis com a utilização da SG que acarretarão redução de custos operacionais que serão revertidos em redução tarifária, com ganhos diretos para os consumidores e para sociedade.

2.2.7. Necessidades e consequências do *Smart Grid* na distribuição

Para Krishnamurti *et al* (2012), o primeiro passo em direção ao SG é a instalação de um medidor inteligente (*Smart Meeter* – SM) nas residências, permitindo a leitura remota do medidor, de forma diária ou mesmo contínua. Com base nessas leituras, as distribuidoras poderão desenvolver programas de resposta à demanda, oferecendo energia elétrica com preços diferenciados em função do horário de consumo. Na verdade, programas de resposta à demanda buscam reduzir o consumo de eletricidade durante o horário de pico de uso, aliviando a sobrecarga do sistema.

Através da utilização de medidores inteligentes é possível realização da tarifação de energia com valores diferenciados de tarifa em função do horário (mais caro no horário de ponta e mais barato nos horários de menor carga do sistema). Através da gestão, de sua

demanda, reduzindo o consumo nos horários de ponta, é possível obter reduções de até 30% no valor da fatura de energia elétrica (FALCÃO, 2010).

Tais medidores constituem o elo natural e condição fundamental para implantar a SG entre o consumidor e a supridora (WISSNER, 2011). Os dados de medição são a base para o faturamento do consumo e na maioria das vezes, o momento da medição é o único momento de contado da concessionária de energia com o consumidor.

Os novos medidores com tecnologia digital permitem a comunicação entre o equipamento e a central de operação da supridora (distribuidora). Os meios de comunicação utilizados permitem a comunicação em duas vias (bidirecional), sendo: a primeira do consumidor para a distribuidora, onde são enviados os dados de consumo e outros dados referente a qualidade da energia; a segunda da distribuidora para o consumidor, que é a maneira tradicional, que permite algumas ações de intervenção sobre o consumidor, como desligamento e religamento.

Os SM quantificam em tempo real consumo e geração, a qualidade da energia medida, e permitem a atualização instantânea dos preços da eletricidade. No entanto, os medidores inteligentes não devem ser considerados apenas como um componente adicional dos sistemas existentes de energia elétrica, e todos os seus ganhos potenciais devem ser capturados, de forma a auxiliar na viabilização de sua implantação, pois possuem um elevado custo inicial de aquisição. A figura 12 apresenta exemplos de medidores convencionais (eletromecânicos) e de medidores inteligentes (SM), assim como os dispositivos de interface com os consumidores.

É possível ler a demanda com alta frequência de amostragem, armazenar e transmitir essa informação para a supridora que permite analisar individualmente o comportamento de cada consumidor. Essa informação também pode ser avaliada/gerenciada pelo próprio consumidor através de interface com um computador pessoal. Com isso é possível realizar uma modulação da demanda realizar uma utilização mais eficiente da energia.

Figura 12 – Exemplos de *Smart Meters*

Fonte: Elaborada pelo autor

Os medidores inteligentes podem ser programados de tal modo que, apenas a energia consumida a partir da rede da concessionária de energia seja faturada, enquanto que a potência consumida, a partir das fontes de geração própria ou dispositivos de armazenamento de propriedade dos clientes, não seja cobrada. Podem também ser utilizados para monitorizar e controlar todos os eletrodomésticos e dispositivos nas instalações do cliente e podem coletar informações de diagnóstico sobre a rede de distribuição e se comunicar com outros medidores em seu alcance.

Logo, o medidor inteligente se destaca como um elemento de extrema relevância para a composição da SG, pois é o elemento de ligação que permitirá a gestão praticamente em tempo real (*on line*) do consumo e da produção (geração) de energia elétrica, sendo que até então essa gestão da produção de energia era realizada com base em estimativas ou expectativas de consumo.

Uma consequência do uso da SG com seus SM será a construção de casas inteligentes, pois o último link de ligação entre o consumidor e a distribuidora são os próprios equipamentos eletroeletrônicos instalados em sua residência. Com a invenção de modernas tecnologias é possível a automação dos equipamentos de uma residência sem a necessidade de intervenção manual para seu acionamento (WISSNER, 2011).

O pré-requisito para o desenvolvimento de residências inteligentes é a existência de interface de comunicação entre os equipamentos eletroeletrônicos. Essa interface de comunicação deve permitir a transferência de dados e a operação remota através de uma central de controle instalada na residência. Essa central de controle será responsável pela gestão da utilização e do consumo dos equipamentos da residência, assim como da utilização de fontes alternativas de energia (geração própria renovável – solar e eólica).

Um sistema de gerenciamento de energia de uma casa inteligente é um sistema capaz de permitir o comando dos equipamentos da casa e prover a otimização do consumo de energia, com isso, reduz o consumo de energia (e consequentemente o valor da conta de energia), em função da gestão das cargas e do fornecimento de energia no horário de ponta, segundo Al-Ali *et al* (2011).

Os medidores inteligentes associados ao sistema de gerenciamento podem ser programados para manter um cronograma de funcionamento dos aparelhos domésticos e controlar o funcionamento de outros dispositivos, tal como para controlar a luz, ar condicionado e outros aparelhos. Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011) descrevem que, além disso, a integração de SM ajuda as empresas de distribuição de energia na detecção de consumo não autorizado e roubo de energia, tendo em vista melhoria no monitoramento das demandas e dos índices de qualidade da energia.

No conceito de casa inteligente normalmente há duas fontes de energia: a rede da concessionária e pela geração própria. A energia gerada nos painéis fotovoltaicos, por exemplo, é armazenada em baterias e depois é transformada em corrente alternada através de um inversor (DC/AC – corrente contínua/corrente alternada). As baterias podem ser carregadas através da energia solar, e quando não houver sol, podem ser carregadas diretamente da rede da concessionária em horários fora da ponta, para que a energia seja consumida no horário da ponta do sistema, no qual a energia é mais cara.

A gestão da demanda pelo consumidor, através do gerenciamento do consumo de energia de uma casa inteligente no horário de ponta, utilizando fontes de energia renovável (geração própria) e energia da rede da concessionária, possibilita ganhos reais de redução na fatura de energia. Essa economia é possível através do chaveamento entre o fornecimento de energia de fontes renováveis e da rede da concessionária, realizado pela central de controle instalada na residência, visando consumir a energia da concessionária nos horários de menor tarifa (fora ponta), enquanto que nos horários de tarifa mais cara (ponta) é utilizada a energia

gerada na fonte renovável ou armazenada nas baterias, concordam Al-Ali *et al* (2011) e Wissner (2011).

2.2.8. Regulamentação do setor elétrico e incentivos ao investimento – uma visão global

Muitos países europeus (França, Irlanda, Holanda, Espanha e Reino Unido) definiram metas para o desenvolvimento de redes inteligentes. Por exemplo, os medidores inteligentes já representam 85% de todos os dispositivos na Itália, 25% na França e muitos governos estão prevendo a implantação em todo o país até 2020, conforme descreve Clastres (2011).

Um importante desafio pelas agências reguladoras é normatizar a implementação de geração distribuída através de fontes renováveis. Um exemplo relatado por Wissner (2011) é a Lei de Energia Renovável, implantada na Alemanha em 2000, que obriga os operadores do sistema elétrico a conectarem plantas de geração de energia renovável ao sistema elétrico. Esse novo desafio instituído aos operadores do sistema elétrico, em função de políticas de proteção ambiental requerem considerações sobre eficiência energética, que estão referenciadas na agenda nacional do “Programa integrado de energia e clima” da Alemanha.

O surgimento da tarifa sensível à demanda, possível a partir da implantação da SG, tem implicações importantes para o desenvolvimento do cenário de energia no futuro, relacionado particularmente com parâmetros socioambientais e metas de confiabilidade/qualidade. O deslocamento do consumo de energia para períodos fora da ponta do sistema traz implicações positivas para o setor elétrico e reduz as emissões de gases causadores do efeito estufa (BLUMSACK e FERNANDEZ, 2012).

Os ganhos com as redes inteligentes serão obtidos em toda cadeia de valor de eletricidade, quer seja na área econômica, social ou ambiental, mas a tecnologia ainda está em desenvolvimento e implementação. Regulamentações serão necessárias para alavancar investimentos, de forma que os preços das tarifas devem oferecer um incentivo suficiente para suportar o investimento necessário. Em diversos países em que a SG foi implantada, houve o incentivo ou contrapartida de financiamento a fundo perdido, por parte do governo, face ao elevado nível de investimentos necessários para a substituição dos medidores convencionais por medidores inteligentes, essenciais para viabilização e operacionalização da SG.

A título de ilustração, no Brasil um medidor convencional custa aproximadamente R\$30,00 (trinta reais), enquanto que um medidor inteligente está custando, atualmente, 10 vezes mais caro. Conforme EPE (2012b), como o Brasil possui mais de 70 milhões de unidades consumidoras, a substituição de todo o parque de medidores convencionais por medidores inteligentes corresponde a um investimento de mais de R\$ 20 bilhões (vinte bilhões de reais), que representa um enorme desafio para o setor. Ainda que esse custo caia pela metade, desconsiderando o investimento necessário no sistema de comunicação desses medidores e coleta/tratamento de dados, está evidente a necessidade de haver uma estratégia regulatória bem definida para que essa implantação não ocasione desequilíbrio econômico a nenhum dos agentes envolvidos.

Dessa forma, a implantação de sistemas de redes inteligentes deve ser realizada com a clara consciência dos benefícios e dos custos associados. Devem ser discutidas não só as implicações da rede inteligente para o desenvolvimento e análise de cenários futuros do setor de energia, mas também avaliar os principais benefícios social, econômico e ambiental que a SG pode trazer.

Johnson (2010) destaca os cinco fatores chaves de sucesso na implantação da SG na concessionária norte americana de distribuição de energia, a *Southern California Edison*, como sendo: integração de recursos energéticos renováveis distribuídos e sistemas de armazenamento, controle da rede e otimização de ativos, a efetividade da força de trabalho, medição inteligente e soluções de energia inteligente nos clientes.

O SG fornece vários benefícios, tais como controle eficiente de energia do sistema, apoio e intervenção junto às decisões operacionais para minimizar interrupções e perdas de energia. Também pode realizar alocação de custo de energia, análise de falhas, controle de demanda e análise de qualidade de energia, pode indicar a necessidade de manutenção preventiva e aprimorar o funcionamento dos medidores para um exato faturamento da energia consumida. Além disso, os medidores inteligentes podem detectar a presença clientes irregulares e clandestinos na rede, destaca Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011), grande problema no Brasil, representando 17% das perdas no Sistema Elétrico.

Como já foi mencionado, e enfatizado por Clastres (2011), um benefício para o consumidor é a redução de custos obtida pela redução da demanda ou através da transferência do consumo para um período fora de pico. O benefício para a distribuidora é a economia/postergação nos custos de produção e balanceamento substancial de carga durante

os períodos de alta demanda (liberação de capacidade). Logo, uma gestão eficaz da rede pode ser uma solução mais econômica do que renovar a rede existente. Com isso, a integração da SG surge como uma solução valiosa para a gestão dos ativos da rede existente.

De acordo com Krishnamurti *et al* (2012), a automação permitida pelos medidores inteligentes podem reduzir os tempos de apagão de horas para segundos através da identificação de falhas e atuação remota. De fato, no sistema convencional sem medidores inteligentes os clientes devem comunicar à distribuidora sobre interrupções, enquanto que os medidores inteligentes permitem a detecção imediata da interrupção.

Conforme Clastres (2011), para os consumidores, as redes inteligentes reduzem a duração das interrupções, oferecem maior controle sobre as despesas com energia e fornecem uma visão mais clara da utilização de energia renovável, além de permitir otimizar a utilização armazenamento de energia. No sistema de medição convencional, leiturista tem que ir à unidade consumidora e realizar a leitura manualmente para gerar e emitir a conta, com o medidor inteligente isso é feito remotamente, destaca Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011).

Assim como ocorre no Sistema Interligado Nacional Brasileiro (SIN), Battaglini *et al* (2009) destacam que em todo o Mundo, a rápida expansão da geração eólica registrada nos últimos anos aumentou em muito o carregamento do sistema existente. Porém, as restrições técnicas do sistema existente limitam a exploração e conexão de novos parques eólicos e outras fontes renováveis.

Dessa forma, o sistema elétrico brasileiro ainda não está adequado para suportar satisfatoriamente as necessidades futuras de energia elétrica, assim como não atende os critérios de segurança e confiabilidade elétrica necessária para operação com GD e SG. Segundo Blumsack e Fernandez (2012), a rede existente tem servido bem a indústria de energia elétrica a mais de um século, mas não é mais configurado para atender a multifacetadas demandas da sociedade.

No Brasil, atenta à tendência global de implantação da SG, a ANEEL desenvolveu um projeto estratégico de pesquisa e desenvolvimento (P&D ANEEL), o qual envolveu várias entidades tais como diversas concessionárias de distribuição de energia, que foram as patrocinadoras do projeto, empresas de telecomunicações, fabricantes de medidores eletrônicos, empresas de tecnologia da informação, empresas geradoras de energia, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), agentes ligados a fontes de

geração de energia renovável/alternativa, dentre outros agentes interessados no tema, para desenvolverem pesquisas referentes ao SG.

Findado o projeto estratégico de pesquisa e desenvolvimento de Redes Inteligentes, com o aporte de conteúdo tecnológico pesquisado, diversas empresas distribuidoras de energia iniciaram projetos piloto de instalação de SG em algumas cidades. Destaca-se, porém que, findado o ano de 2012, ainda não existe nenhuma unidade piloto em pleno funcionamento e que cada uma está sendo desenvolvida com um nível de abrangência e aplicabilidade distinto. As unidades piloto em desenvolvimento são os municípios de Parintins, no Amazonas, que é uma ilha fluvial situada no rio Amazonas, a ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, a cidade de Aparecida, em São Paulo, a cidade de Sete Lagoas, em Minas Gerais, a cidade do Rio de Janeiro e por fim, ainda em fase inicial, um projeto piloto no município de Búzios, no litoral do Rio de Janeiro.

Como no futuro próximo a demanda total de energia deve se tornar o dobro da demanda atual, e muitos países em desenvolvimento não têm recursos para a adição de capacidade de fornecimento (geração, transporte e distribuição), logo para preencher esta lacuna, o SG surge para ajudar no controle do furto de energia elétrica, regularização de clientes e otimização da capacidade existente através da melhor utilização dos ativos existentes, entretanto a regulamentação do setor elétrico precisa ser reestruturada para assegurar a obtenção dos ganhos e financiamento de recursos, de modo a não haver impacto econômico para o consumidor e distribuidoras, assim como para os demais agentes envolvidos.

2.2.9. Principais barreiras para difusão da tecnologia de *Smart Grid* no Brasil

A SG possui claros benefícios em termo de potencial macroeconômico associado ao uso da energia renovável, conforme destacado anteriormente, entretanto, em função do elevado nível de investimentos requerido e do tempo necessário para desenvolvimento, tais investimentos apresentam alguns riscos associados principalmente a incertezas políticas, que precisam ser melhores avaliados, conforme evidenciado por Battaglini *et al* (2009).

O desenvolvimento de sistema com medidores inteligentes na distribuição envolve vários bilhões de dólares de investimento para implantação e manutenção da rede (DEPURU, WANG e DEVABHAKTUNI, 2011). Inicialmente, o processo de substituição dos medidores

de energia existentes pelo medidor inteligente é um desafio para as empresas, pois a falta de infraestrutura adequada para sincronizar esta nova tecnologia com os já existentes poderia interromper a introdução dos medidores inteligentes.

Battaglini *et al* (2009) destacam ainda que barreiras como a indefinição e incerteza quanto as fontes de financiamento dos investimentos necessários e a incerteza política acarretada por mudanças do cenário político, que influem na regulação do setor elétrico e nas diretrizes governamentais para desenvolvimento tecnológico do país, representam desafios à expansão da SG em qualquer país. Segundo Blumsack e Fernandez (2012), pesquisadores e formuladores de políticas precisam de melhores modelos para avaliar o desempenho dos sistemas de SG, e para mensurar o desempenho vis a vis as metas de implantação.

Nos países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, uma arquitetura de SG baseada no uso de medidores inteligentes confronta-se com o problema do custo e da disponibilidade de serviços de comunicação para tão grande volume de enlaces e elevado nível de complexidade de gerenciamento da rede constituída, destacam Gomes, Printes e Ramos (2010). Importante evidenciar também que a grande massa de dados a ser coletada, individualmente, pelo centro de operação, demanda protocolos e redes de comunicação altamente indisponíveis em grande parte do país.

Em relação aos dados coletados, Depuru, Wang e Devabhaktuni (2011), argumentam que a utilização do sistema de medidor inteligente envolve uma enorme quantidade de transferência de dados entre a empresa concessionária e o cliente, estes dados são sensíveis e confidenciais e o acesso aos mesmos deve ser restrito. Com estas restrições sobre os dados, diretrizes de segurança deverão ser formuladas para coleta, transmissão, armazenamento e manutenção dos dados de consumo de energia e proteção contra eventuais *hackers*.

A quantidade de dados e informação irá aumentar exponencialmente, e a correlação desses dados e informações se tornará muito mais complexa, destacam Li e Zhou (2011). Com o crescimento explosivo do volume de informações em serviços públicos de eletricidade, o problema da sobrecarga de informação vai se tornar cada vez mais grave. A fim de filtrar eficientemente todas as informações disponíveis para encontrar o potencial e o conhecimento valioso para empresas do setor elétrico, algumas novas abordagens devem ser examinadas e desenvolvidas.

Se os dados e informação são frequentemente tratados dentro de aplicações em ambiente isolado (*stand alone*), pode levar uma quantidade significativa de tempo antes destes dados e informações estarem disponíveis para outras aplicações. Portanto, algumas das novas tecnologias devem ser usadas para integrar as várias ilhas de dados e informações e fornecer informações úteis e conhecimento aos decisores, para permitir a operação e gestão eficiente de ativos e melhoria do serviço fornecimento de energia.

A realidade de inúmeras concessionárias de energia elétrica brasileiras é que a sua infraestrutura de dados é composta de diversos sistemas heterogêneos. Por exemplo, muitas empresas podem ter implementado sistemas separados para lidar com vários aspectos dos requisitos do serviço público, podendo ter um sistema que trata de relacionamento com clientes, um sistema que processa os recursos humanos, os sistemas para lidar com os dados de vendas ou dados operacionais, ainda outro sistema para os dados financeiros e orçamentos, etc., e isso é incompatível com a SG.

Segundo Wissner (2011), o objetivo final da implementação de tecnologia da informação e telecomunicação nos sistemas de energia é tornar a maioria dos processos automáticos e tornar a comunicação fácil e eficiente entre os diferentes setores. Mas, pelo que foi apresentado, esse é um dos grandes desafios da SG no Brasil e no Mundo.

A interoperacionalidade e proteção da privacidade dos dados são problemas que precisam ser resolvidos no contexto da tecnologia da informação e telecomunicação. Todos os integrantes e componentes do sistema devem ser capazes de se comunicarem entre si e permitir a perfeita integração, com segurança operacional e integridade/segurança das informações trafegadas. Em cada parte da cadeia (geração, transmissão, distribuição e consumidor) existem diferentes obstáculos a serem vencidos.

Hashmi, Hänninen e Mäki (2011) destacam que a implantação da SG é composta por muito mais do que qualquer tecnologia associada, e os benefícios de fazê-la uma realidade se estendem muito além do sistema de energia elétrica. De fato, essa transição não vai ser tão fácil e rápida. No Brasil, alcançar o potencial da SG exigirá um novo nível de cooperação entre membros da indústria, a sociedade e, principalmente, os órgãos reguladores que têm influência imediata sobre a direção e tempo que o processo deve seguir.

Embora vários dispositivos sejam integrados com o sistema de medição inteligente, eles poderão ser usados em sua máxima extensão apenas quando todos os equipamentos e os

dispositivos na rede de distribuição e de medição estiverem integrados à rede de comunicação. A integração dos dispositivos torna-se ainda mais complicada com um número crescente de clientes. Deve-se considerar também que a implantação de rede de comunicação em algumas localidades pode ser difícil devido a dificuldades geográficas e tecnológicas.

A partir da experiência internacional de implantação de SG, um risco indireto para o Brasil, relacionado à utilização dos medidores inteligentes, está relacionada à possibilidade de violação da privacidade dos consumidores em função da possibilidade de haver a divulgação dos dados de faturamento detalhados que poderia revelar quando os consumidores estão casa e como eles usam seus aparelhos, conforme destacam Krishnamurti *et al* (2012). Essa questão deve servir de ponto de atenção para instalação de SG no Brasil, assim como representa um tema de pesquisa prévio ao desenvolvimento do projeto.

Uma variedade de fatores sociais, culturais, econômicos e de regulamentação tem sido alguns dos fatores decisivos para o sucesso da implantação das redes elétricas inteligentes em diversos países e provavelmente, será no Brasil. Krishnamurti *et al* (2012) destacam que o primeiro passo para avançar a implantação da SG, passa pela implantação de programas de resposta e aceitação dos consumidores à instalação de medidores inteligentes em suas residências. Fato que deverá ser averiguado também no Brasil, para assegurar o sucesso dos projetos que serão realizados para implantação da SG.

2.3. PROJEÇÃO DE CENÁRIOS

Diversos autores ressaltam a importância da aprendizagem organizacional por meio de cenários (BOAVENTURA e FISCHMANN, 2007). A adequada aprendizagem é necessária à efetiva implementação do sistema de construção de cenários em organizações, dessa forma, a aprendizagem constitui uma das principais vantagens do processo de cenários para organizações. Outros autores, como Tilley e Fuller (2000), ressaltam a importância da aprendizagem organizacional para os estudos do futuro e afirmam que sua principal função também encontra-se no processo de aprendizagem.

Silva, Spers e Wright (2012) também destacam que uma implicação da abordagem de desenvolvimento de cenários é a aprendizagem. Fahey e Randall (1998) confirmam que a aprendizagem por cenários ocorre a partir de quatro elementos: i) uso efetivo do conhecimento; ii) desafio a mentalidade (*mind-set*) dos gestores; iii) discussão e diálogo

coletivo e; iv) fornecimento contínuo de inputs para a tomada de decisão. Ou seja, o processo de construção e desenvolvimento permite não apenas que indivíduos revejam suas premissas, mas também que grupos e diferentes funções da organização discutam suas posições de maneiras de pensar, tendo como foco final o uso aplicado do conhecimento gerado na tomada de decisão.

Segundo Albuquerque (2006), a projeção de cenários é utilizada no processo decisório em empresas, governos ou organizações sociais, com ou sem fins lucrativos, e visa apresentar alternativas possíveis, imagens alternativas, opções e variações que extrapolam as tendências do presente e ajudar na formulação de decisões que, de outra forma, não seriam possíveis.

De fato, Grumbach (1997) destaca que o processo de inclusão ou exclusão na globalização está condicionado à capacidade de governos e empresas vislumbrarem cenários futuros e, em consequência, estabelecerem uma eficiente gestão estratégica que lhes permitam evitar problemas futuros.

Elaborar cenários não é um exercício de predição, mas sim um esforço de fazer descrições plausíveis e consistentes de situações futuras possíveis, apresentando os condicionantes do caminho entre a situação atual e cada cenário futuro, destacando fatores relevantes às decisões que precisam ser tomadas (SILVA, SPERS e WRIGHT, 2012; WIRIGHT e SPERS, 2006). Os cenários podem ser considerados plataformas estratégicas que levam à aprendizagem organizacional contínua a respeito de decisões-chave e prioridades (SCHWARTZ, 2000).

2.3.1. Introdução à Projeção de Cenários

O conceito de cenário, segundo Buarque (2003), refere-se à caracterização de uma dada situação desde sua configuração formal, mais palpável e objetiva, até àquelas definições mais abstratas, prováveis ou possíveis, relativas ao contexto em que se desenvolvem ou se desenvolverão as ações pretendidas.

Já a palavra prospectiva é originária do latim – *prospicere* – que significa olhar para longe ou de longe, discernir alguma coisa que está a nossa frente. Nessa visão, a previsão como profecia pode até construir o futuro, mas sua imagem é o passado, enquanto a prospectiva vê um futuro diferente do passado.

Na análise de Silva e Santos (2009), a junção das palavras “cenários” e “prospectivo”, quase se torna um pleonasmo linguístico, mas administrativamente é aceito por combinarem aspectos futuros com as incertezas, não no sentido de “se a previsão vai acontecer ou não”, mas numa visão de incerteza envolvendo o tempo, turbulência e possível antecipação de reação.

Para Schwartz (2000), os enfoques probabilísticos de cenários podem ser classificados em cenários projetivos (de uma única visão de futuro da organização, onde esses modelos de caráter projetivo são aceitáveis apenas em ambientes de pouca turbulência, limitando-se, por essa razão ao curto prazo) e em cenários prospectivos (de múltiplas visões de futuro da organização, onde os modelos prospectivos têm como principal característica não projetar tendências, mas procuram captar rupturas e descontinuidades, adaptando-se melhor aos ambientes turbulentos de longo prazo).

Na análise de Biachini (2007), os propósitos dos cenários são: i) organizar e delimitar as “incertezas críticas”; ii) alertar os decisores sobre mudanças e descontinuidades; iii) unificar as visões quanto ao futuro e utilizá-las para iluminar decisões estratégicas no presente e; iv) apoiar o planejamento estratégico.

Marcial (2004), se apropriando do pensamento de Porter, lembra que, além de facilitar o desenvolvimento do pensamento estratégico e da definição das estratégias da empresa, o exercício de elaboração de cenários de estudos prospectivos traz outros benefícios, como:

- Propicia uma visão global do ambiente e suas interligações, melhorando a compreensão;
- Faz com que os administradores lidem melhor com as incertezas;
- Facilita a criação das redes de troca de informações, o que por sua vez, facilita o fluxo de informações dentro da empresa e a integração entre diversas áreas;
- Ajuda a desenvolver a criatividade na empresa e a identificar novas oportunidades.

Considerado por muitos como ciência, por outros como arte, o planejamento por cenários tem justamente essa intenção: elaborar múltiplas situações possíveis a partir de um

plano de negócios e suas consequências. Albuquerque (2006) destaca que o objetivo do planejamento por cenários é simples: tentar antever situações e resultados a evitar e identificar possibilidades a serem exploradas, sempre com vistas a ampliar a participação no mercado, aumentar a lucratividade, reduzir custos e despesas, produzir com mais qualidade; enfim, tudo que possa gerar mais valor para a empresa e seus proprietários, acionistas ou controladores.

A construção de cenários, segundo Swiech, Matos e Oliveira (2011), tratada igualmente como estudo do futuro tem por objetivo proporcionar à empresa previsões consistentes, referentes a eventos futuros, que afetam diretamente seus negócios, principalmente os de natureza incontrollável, o que se constitui a princípio o maior desafio para as organizações atuais.

Porter (1998) resalta que um cenário é uma visão internamente consistente daquilo que o futuro poderia vir a ser, sendo de primordial importância o seu uso como um instrumento para o planejamento estratégico, facilitando o conhecimento das implicações das incertezas sobre o desempenho do futuro de cada organização e também no setor a que pertence sobretudo no que envolve a cadeia de valor.

Ao desenvolver opções estratégicas, torna-se útil avaliar o que esse ambiente futuro pode aparentar, de forma que um planejamento adequado possa ser elaborado. No entanto, foi e ainda é prática comum desenvolver cenários de futuro, adotando certas medidas como: definir e reconhecer a incerteza inerente do futuro. Para o desenvolvimento estratégico, a construção de cenários pode proporcionar a formulação da estratégia e avaliação, desenvolvendo uma compreensão das incertezas inerentes ao ambiente externo, e testar a força de qualquer estratégia ou plano contra um conjunto de futuros possíveis (SWIECH, MATOS; OLIVEIRA, 2011).

2.3.2. A história da projeção de cenários

O mais famoso caso de uso de cenários, e que originou as discussões sobre futuros, é o da *Shell*, destaca Albuquerque (2006). Na década de 1970, devido às ondas de protestos ambientalistas e ações do cartel da OPEC, e em meio a grandes perdas financeiras junto com as demais empresas do setor de energia, a *Shell* desenvolveu uma metodologia para planejamento estratégico por meio de cenários. Vários analistas atribuem a essa metodologia

o sucesso da empresa como ao conhecemos hoje, mas outros alegam que a metodologia teve, na realidade, pouco a ver com esse sucesso.

Os cenários prospectivos apareceram pela primeira vez logo após a II Guerra Mundial, como um método de planejamento militar. A força aérea dos EUA tentou imaginar o que seu oponente tentaria fazer e preparou estratégias alternativas. Nos anos 60, Herman Kahn aprimorou os cenários como ferramenta para uso comercial. Porém os cenários atingiram uma nova dimensão no início da década de 70, com Pierre Wack que era planejador estratégico em Londres na *Royal Dutch/Shell*, um grupo internacional de petróleo. Pierre Wack introduziu os cenários na Shell e sugeriu que o desafio do planejamento é separar o que é previsível do que é fundamentalmente incerto. A partir desse momento, o planejamento por cenários decolou no mundo corporativo (SCHWARTZ, 2000; HEIJDEN, 2009).

2.3.3. Integração da projeção de cenários com o planejamento estratégico

No que tange o planejamento estratégico, o uso de cenários pode ajudar na formulação de estratégias e investimentos ao aumentar a robustez da estratégia por identificar e desafiar premissas subjacentes sobre o futuro, permitir melhores decisões estratégicas pela identificação e modelagem de incertezas antes serem feitos comprometimentos substanciais e irreversíveis, aumentar o conhecimento e o entendimento sobre o ambiente externo, e aumentar a velocidade de resposta à eventos inesperados pela visualização antecipatória de futuros possíveis (SILVA, SPERS e WRIGHT, 2012).

Silva, Spers e Wright (2012) destacam que do ponto de vista acadêmico-científico é necessário investigar a elaboração e uso de cenários como um fenômeno organizacional que pode ter implicações diretas no desempenho do estrategista e da estratégia, e por consequência no desempenho da organização. Do ponto de vista técnico e aplicado, diversas metodologias podem ser identificadas para auxiliar a elaboração de cenários e integrá-los à tomada de decisão estratégica, como nos trabalhos de Heijden (2009), Wright e Spers (2006), Godet (2000a) e Schoemaker (1995).

Segundo Albuquerque (2006), os cenários apresentam a vantagem de trazer a estudo os efeitos de fatos e acontecimentos (fenômenos) do ambiente externo que afetem os negócios. Da forma como são construídos, permitem uma grande variedade de soluções e alternativas de planos a serem escolhidos. Esses planos incorporam diferentes pontos de vista

e estimulam o monitoramento de tendências, eventos importantes e fatos de menos destaque, mas que contém um potencial de risco ou oportunidade que, de outra forma, seriam desconsiderados no planejamento estratégico de uma empresa. Finalmente, e mais importante, os cenários permitem aos tomadores de decisão preparar melhor o presente para o futuro que esperam vir.

Segundo Silva e Santos (2009) o importante não é apenas desenvolver uma estratégia completa para cada cenário e depois, simplesmente, escolher o cenário mais adequado. Deve-se desenvolver uma estratégia elástica com a estrutura de alternativas de futuro, de modo que a organização esteja preparada para as possíveis situações (cenários) futuras.

2.3.4. Métodos e técnicas para elaboração de cenários

Para Godet (2000a), os cenários podem ser classificados em possíveis (tudo o que se pode imaginar), realizáveis (tudo que se pode conseguir) e desejáveis (todos os imagináveis, mas não realizáveis).

Segundo Oliveira (2001) existe duas abordagens na elaboração de cenários: a abordagem projetiva e a abordagem prospectiva. A abordagem projetiva se caracteriza por: restringir-se a variáveis quantitativas, objetivas e conhecidas; explicar o futuro pelo passado; considerar o futuro único e incerto e; utilizar-se de modelos deterministas e quantitativos.

Quanto à abordagem prospectiva caracteriza-se por: visão global; variações qualitativas, quantificáveis ou não, subjetivas ou não, conhecidas ou não; ocorrência de futuro múltiplo e incerto; o futuro atuando como determinante da ação presente e; uma análise intencional, em que o executivo pode utilizar variáveis de opinião (julgamento, pareceres, probabilidades subjetivas, etc.) analisadas por métodos do tipo análise estrutural, *Delphi*, impactos cruzados, etc. (OLIVEIRA, 2001).

Diversos aspectos permitem a classificação dos métodos de cenários e algumas em especial merecem destaque, conforme ressaltado por Gonçalves *et al* (2011). Dentre estas, conforme a literatura, os cenários podem ser distinguidos em dois níveis de abrangência: Cenários de Primeira e Segunda Geração.

Os cenários de primeira geração correspondem aos cenários ambientais ou industriais que representam a forma dos gestores entenderem os desdobramentos do ambiente econômico e sua repercussão no ambiente empresarial; e com base nos cenários ambientais desdobram-se

os cenários de segunda geração, também conhecidos por cenários estratégicos, que são destinados à tomada de decisão (GEORGANTZAS e ACAR, 1995). Estes aspectos levam a conclusão de que os cenários de primeira geração destinam-se ao entendimento do ambiente em que as organizações estão inseridas e podem ser considerados cenários exploratórios na medida em que servirão de base à construção dos cenários de segunda-geração, enquanto que estes últimos destinam-se à tomada de decisão particular para cada organização.

A lógica interna dos cenários permite outro tipo de classificação para os métodos de cenários, conforme proposto por Huss e Honton (1987). Nesta são identificadas três categorias: i) Lógica Intuitiva; ii) Análise do Impacto Cruzado, e; iii) Análise do Impacto de Tendências. Cabe ressaltar que esta é a classificação mais difundida e empregada no meio acadêmico, como observam Bradfield *et al* (2005), que complementam as descrições destas categorias explicando que, enquanto a Lógica Intuitiva apoia-se em uma abordagem qualitativa, sem atribuição de probabilidades, a Análise do Impacto Cruzado e a Análise do Impacto das Tendências apoiam-se em uma abordagem quantitativa e probabilística.

Segundo Gonçalves *et al* (2011) a Lógica Intuitiva, inicialmente descrita por Pierre Wack, foi utilizada na Shell e posteriormente por Peter Schwartz nas empresas de consultoria *SRI International e Global Business Network* (GBN). Para Ringland (1998), este método caracteriza-se por buscar meios de mudar o pensamento dos gestores para que possam antecipar e se prepararem para o futuro.

Para Wilson (1998), a Lógica Intuitiva é um método intuitivo que provoca os administradores a pensar a respeito das incertezas e possibilidades futuras, sendo, porém, um modelo lógico, formal e disciplinado no uso da informação, análise e estruturação das tarefas.

A lógica intuitiva possui virtudes adicionais na medida em que apresenta uma proposta de trabalhar cenários de uma maneira múltipla, com perspectiva tanto descritiva como normativa, com escopo tanto amplo como restrito, podendo incluir desde situações globais até questões e pontos específicos, e tem uma orientação por processo tanto indutivo como dedutivo (BRADFIELD *et al* 2005).

A Análise do Impacto Cruzado tem sua origem nos estudos pioneiros desenvolvidos pela *Rand Corporation*, e utiliza da construção de modelos formais de estudo dos efeitos das tendências, inter-relacionando todas as tendências e os pontos significativos na resposta a uma dada questão do estudo, sendo que esta inter-relação é mensurada por meio de um modelo

matricial a que atribui valores numéricos, destaca Millett (1992). É uma abordagem voltada para sistemas complexos que se concentra em analisar como as forças externas e internas que influenciam uma organização podem interagir para produzir efeitos maiores que a soma das partes ou alavancar o efeito de suas partes (RINGLAND, 1998).

A Análise do Impacto de Tendências foi utilizado inicialmente pelo *Futures Group* e se orientou pelos efeitos das tendências (RINGLAND, 1998). O método começa com a avaliação, por meio de especialistas, pelo processo Delphi, das tendências do ambiente, podendo ser adicionadas a estas as influências no futuro de outros fatores, e a resultante de tudo isto pode ser usado para o desenvolvimento de possíveis futuros (GEORGANTZAS e ACAR, 1995; GONÇALVES *et al*, 2011).

Vários são os métodos de construção de cenários encontrados na literatura. O quadro 1, a exemplo do que foi apontado por Boaventura, Costa e Fischmann (2005), destaca os métodos mais comumente citados.

Como é possível notar no quadro 1, várias são as opções de métodos de cenários, tornando-se necessário que as organizações que decidam pelo uso de cenários, selecionem dentre os métodos existentes aquele que se constitui como o mais adequado às suas necessidades, destacam Gonçalves *et al* (2011). Neste sentido podem utilizar como atributos decisivos para sua escolha aspectos como: o segmento a que pertence a empresa, seu estágio em relação à estratégia vigente, a facilidade de entendimento e aplicação dos modelos, entre outros.

Boaventura, Costa e Fischmann (2005) realizaram um trabalho para identificar os modelos de construção de cenários mais citados, chegando a oito métodos: *SRI International*; *Global Business Network*; *Future Mapping*; *Battelle Memorial Institute*; Análise Prospectiva; *Comprehensive Situation Mapping* – CSM, Análise do Impacto de Tendências e; *Decision Strategies International* – DSI, conforme detalhado nos tópicos a seguir.

Quadro 1 – Métodos de Cenários

MÉTODO	TIPOLOGIA	ABORDAGEM	PRINCIPAIS PERSONAGENS
<i>SRI – Stanford Research International</i>	Lógica Intuitiva	Qualitativa	Ringland (1998)
<i>GBN – Global Business Network</i>	Lógica Intuitiva	Qualitativa	Schwartz (2000)
<i>Battele Memorial Institute</i>	Análise de Impactos Cruzados	Quantitativa	Millet (1992)
<i>Future Mapping</i>	Lógica Intuitiva	Qualitativa	Mason (1994)
<i>Análise Prospectiva</i>	Análise de Impactos Cruzados	Quantitativa	Godet (2000a)
<i>CSM – Comprehensive Situation Mapping</i>	Análise de Impactos Cruzados	Quantitativa	Georgantzis e Acar (1995)
<i>Futures Group</i>	Análise do Impacto de Tendências	Quantitativo e Qualitativo	Ringland (1998)
<i>DSI – Decision Strategies International</i>	Lógica Intuitiva	Qualitativa	Schoemaker (1995)

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al (2011)

2.3.4.1. Método *SRI International*

Esse método foi desenvolvido paralelamente pelo SRI (*Stanford Research Institute*) e pela Shell a partir da década de 70. Foi amplamente reformulada para atender a demanda das empresas por cenários integrados ao planejamento estratégico.

O modelo da SRI emprega o método da Lógica Intuitiva. A organização originalmente denominada *Stanford Research Institute*, posteriormente transformou-se em *SRI International*. Mais recentemente foi fundada a empresa *SRI Consulting – Business Intelligence - SRIC-BI*, por ex-funcionários da *SRI International*.

Segundo Ringland (1998), o SRI iniciou seus trabalhos com cenários em meados dos anos 60, em conjunto com a *Shell* e a *General Electric*; no final dos anos 70 revisou seu método para atender à necessidade de análise estratégica de tendências e incertezas. Segundo esta autora este modelo é exemplar entre os da Lógica Intuitiva, pois tem sido adaptado para

trabalhos de consultoria e, portanto, é bem interativo (cliente-consultoria), privilegiando workshops. Sua implementação tem entre outras as seguintes vantagens:

- a) O processo é altamente flexível: pode ser facilmente adaptado para as necessidades de uma situação particular e não requer o uso de modelo por computador;
- b) Um prêmio é oferecido para a identificação dos pontos principais e esclarecimentos das questões: a construção dos cenários é o construto da mente coletiva do grupo;
- c) Alto grau de comprometimento no produto final: os cenários são criados pelo grupo, o que é essencial para o efetivo uso dos mesmos no planejamento estratégico.

O método *SRI International*, é realizado através de workshops com interatividade com os participantes e com abordagem estritamente qualitativa. As etapas fundamentais que compõem esse método, de acordo com Ringland (1998) são:

1. Definição das decisões estratégicas que os cenários deverão abordar;
2. Identificação dos fatores-chave de decisão;
3. Análise das forças ambientais;
4. Desenvolvimento dos cenários lógicos;
5. Descrição dos cenários;
6. Indicação das implicações estratégicas para a tomada de decisão.

2.3.4.2. Método *Global Business Network* (GBN)

Esse método está fundamentado na lógica intuitiva, foi desenvolvido concomitantemente nos anos 70 pela *Stanford Research Institute* – SRI e pela *Dutch/Shell*, sendo posteriormente aperfeiçoado pela *Global Business Network* – GBN, por Peter Schwartz, fundador da GBN, o qual era consultor da *SRI International*. Este aperfeiçoamento realizado é apresentado por Schwartz (2000), com metodologia dividida em oito passos, conforme segue:

1. Identificar a questão ou decisão central – Recomenda-se começar com um assunto ou decisão específica e depois se direciona para a construção do ambiente;
2. Listar as forças chave de sucesso e fracasso no ambiente local provenientes da decisão anterior – Referentes aos clientes, fornecedores, competidores, etc.;
3. Listar as forças motrizes – Do macroambiente capazes de influenciar os fatores chave apresentados no passo 2;
4. Hierarquizar por importância e incerteza – Ordenar os fatores chave e as forças motrizes, tomando-se como base dois critérios: i) grau de importância para o sucesso da questão da decisão central do passo 1; ii) grau de incerteza em torno desses fatores e tendências. A essência é identificar dois ou três fatores ou tendências que são mais importantes e mais incertos;
5. Selecionar a lógica dos cenários – Os resultados do exercício de hierarquização feito anteriormente correspondem aos eixos por intermédio dos quais os cenários vão se diferenciar, se constituindo na visão de Schwartz como um dos passos mais importantes de todo o processo de criação dos cenários;
6. Encorpar os cenários – Volta-se para a lista de fatores chave e tendências no passo 2 e 3, de modo que cada um destes recebe a atenção em cada cenário. Em alguns casos fica logo aparente em que lado da incerteza se localiza enquanto que em outros, isto não fica evidente. Isto pode implicar na necessidade de incorporar novos eventos a fim de tornar a versão final do cenário mais plausível, ou seja, redigido em forma de narrativa;
7. Implicações – Retorna a decisão ou questão central do passo 1 com o intuito de ensaiar o futuro, fazendo indagações de como esta decisão está em cada cenário, quais as vulnerabilidades e como se dá o funcionamento da estratégia ou decisão em cada cenário;
8. Selecionar os indicadores iniciais e sinais de aviso. Saber o quanto antes qual dos cenários encontra-se mais próximo do curso da história que está se

desenrolando. O curso da história pode ser óbvio ou sutil. Na medida em que os distintos cenários estejam preenchidos e suas implicações para as questões centrais.

2.3.4.3. Método *Battelle Memorial Institute*

Esse método está fundamentado na análise de impactos cruzados, com abordagem quantitativa e considera todos os cruzamentos de fatores, as expectativas elaboradas por especialistas, trabalhando-se com a média das estimativas para se estabelecer um cenário mais aceitável e um conjunto de vários outros cenários com probabilidade de ocorrência.

Segundo Millett (1992) este modelo foi desenvolvido em 1980 a partir de uma adaptação do modelo elaborado pela *RAND Corporation* e pela *University of Southern California*. Ainda conforme este autor criou-se um *software* denominado BASICS (*Battelle Scenario Inputs to Corporate Strategy*), elaborado pelo centro da *Battelle* em Genebra.

O método é particularmente útil porque permite enfocar os eventos inter-relacionados e quantificar estas relações de um modo bem mais flexível que as técnicas econométricas tradicionais. Segundo Millett (1992), o método está dividido em 7 etapas:

1. Definir e estruturar a questão principal a ser estudada, incluindo as unidades de medida mais significativas, o período de tempo necessário e a extensão geográfica;
2. Identificar e estruturar as áreas de influência da questão principal;
3. Definir os fatores relevantes, escrever a lógica de cada um dos fatores e atribuir probabilidades iniciais de ocorrência para cada estado possível desses fatores;
4. Completar a matriz de Impacto Cruzado com as probabilidades obtidas no passo 3 assim como as mudanças esperadas quando outros fatores ocorrerem. Após realizar esta sequência roda-se o programa BASICS;
5. Selecionar cenários que serão estudados com maior detalhe e preparar narrativas para cada um deles, descrevendo os acontecimentos que podem implicar na ocorrência dos mesmos;

6. Introduzir eventos que tenham baixa probabilidade de ocorrência, porém que apresentam alto impacto caso ocorram, e conduzir análises de sensibilidade com a intenção de verificar suas consequências;
7. Realizar projeções a partir dos cenários e avaliar suas implicações nas atividades da empresa.

2.3.4.4. Método *Future Mapping*

O método *Future Mapping* foi desenvolvido pela *Notheast Consulting Resources Inc.* (NCRI) de David Manson e é uma relação às técnicas cada vez mais complexas e trabalhosas utilizadas no planejamento de cenários. Para Mason (1994), o fundamento desta abordagem é semelhante à Lógica Intuitiva aplicada pela *Shell*, na qual planejar é aprender e perceber o funcionamento de negócios. Há uma participação ativa pelos executivos, através do uso de workshops em etapas bem distintas, conforme destaca Mason (1994):

1. Definir estados finais (usualmente 4 ou 5);
2. Definir eventos (150 a 200);
3. Definir o cenário de senso comum (aquele que o grupo acredita ser altamente provável ou altamente improvável de ocorrer);
4. Selecionar equipes para cada estado final, que escolhem aqueles eventos que levam de forma lógica a aquele estado final;
5. Analisar os elementos comuns e divergentes entre os cenários;
6. Escolher o cenário mais adequado;
7. Realizar o mapeamento de uma direção estratégica.

Mais recentemente, Mason e Herman (2003) discutem acerca de um conjunto de técnicas de cenários que trazem o negócio e as questões internas das organizações para o início dos esforços de desdobramento de cenários. Para eles, somando as estratégias com os cenários, as empresas podem obter mais benefícios do planejamento de cenários tradicionais na medida em que acelera o seu processo estratégico de decisões em um ambiente de grandes mudanças.

A habilidade de Mason e Herman em introduzir a organização-cliente no ceio do processo de desenvolvimento de cenários é, em parte devido ao modo como os cenários estão estruturados em sua metodologia *Future Mapping*.

2.3.4.5. Método Análise Prospectiva

Godet e Roubelat (1996) explicam que este método foi desenvolvido por Godet entre 1974 e 1979, período em que dirigia o Departamento de Estudos Futuros da *SEMA Metra Consulting Group*, empresa francesa de consultoria.

É possível notar a preocupação de Godet pelo emprego de cenários como uma ferramenta de planejamento estratégico e seu esforço em aprimorar o seu modelo em função disto. Neste trabalho faz-se a descrição do modelo mais atual, todavia, convém destacar a existência de versões anteriores em 1986, 1987 e 1990 conforme aponta Boaventura (2003).

Referindo-se ao modelo mais atualizado, Godet (2000b) afirma que o casamento entre a análise prospectiva e a estratégia é necessário e inevitável. Godet (2000c) então faz ajustes e propõe um novo modelo constituído por um processo dividido em 09 etapas:

- 1) Análise do Problema e Delimitação do Sistema - Trata de situar a Análise Prospectiva no seu contexto social e organizacional, tendo em vista visualizar e simular a globalidade do processo com a ajuda de workshops.
- 2) Diagnóstico da Empresa - Nesta fase faz-se completa radiografia da empresa, de seu *know-how*, de suas competências, radiografia materializada na árvore de competências.
- 3) Análise Estrutural - Neste momento devem-se verificar quais as variáveis-chaves da empresa e de seu ambiente (aspectos internos e externos), com base na análise estrutural.
- 4) Dinâmica da Empresa no Ambiente - Pretende entender a dinâmica da empresa em seu ambiente com base na retrospectiva, ou seja, sua evolução. São analisadas as forças e fraquezas da organização frente aos agentes externos (concorrentes, fornecedores e clientes) através do MACTOR (Método de Análise do Jogo de Atores), de seu campo de competição e de

seus desafios estratégicos. O objetivo é identificar as questões-chave para o futuro.

- 5) Cenários Ambientais – Procura-se reduzir as incertezas que influenciam as variáveis chave, através da análise das principais tendências e de potenciais descontinuidades. Avaliam-se ameaças e oportunidades. Podem ser empregados métodos específicos, como a análise morfológica, a pesquisa *Delphi* e o método SMIC – Análise dos Impactos Cruzados Probabilísticos. O propósito é chegar aos cenários ambientais mais prováveis.
- 6) Identificação das Estratégias - As diversas estratégias, ou possíveis projetos, são detalhados, confrontados com a identidade da empresa e com os cenários mais prováveis.
- 7) Avaliação das Estratégias - É feita a avaliação das opções estratégicas. Em uma primeira análise poderia se pensar que fosse empregado um método paralógico para múltipla escolha, mas raramente é o caso. Nesta fase termina-se a etapa que precede à decisão e à ação.
- 8) Seleção das Estratégias – Finaliza a fase de decisão. Submetem-se as alternativas estratégicas ao corpo decisório para as escolhas. São definidos e hierarquizados os objetivos.
- 9) Planos de Ação e Monitoração da Estratégia - Conclui-se o processo com a elaboração dos planos de ação e contratação por objetivos. Cria-se um sistema de coordenação e monitoração da estratégia.

Godet (2000b) esclarece que o desenrolar desta abordagem não é totalmente linear e que da etapa 4 até a etapa 9, eventualmente, há realimentações.

2.3.4.6. Método *Comprehensive Situation Mapping* (CSM)

Este método apesar de não atribuir probabilidades para impactos cruzados, o que o tornaria um típico modelo da metodologia de análise do impacto cruzado, considera os impactos cruzados. O CSM, embora não tão divulgado quanto a Análise Prospectiva e o *Battelle*, apresenta um diferencial: a representação diagramada.

Segundo Georgantzis e Acar (1995), William Acar desenvolveu este modelo, em 1983, e assim como as conhecidas ferramentas PERT (*program evaluation and review technique*) e CPM (*critical path method*), o CSM utiliza diagramas para tratar de problemas complexos; mais precisamente o CSM é uma técnica de mapeamento causal.

De acordo com Ringland (1998), o CSM é uma ferramenta que pode ajudar na formulação da estratégia desde sua fase inicial de construção do modelo de situação até a análise estratégica. Ainda para esta autora, este modelo combina as vantagens de um mapeamento cognitivo com a integração com um sistema computadorizado. Para ela, as características do CSM permitem a diagramação de situações estratégicas complexas, além da compilação de cenários através de mudanças do ambiente e de estratégias da empresa.

Georgantzis e Acar (1995) explicam que o desenvolvimento do CSM divide-se basicamente em duas etapas:

- 1) Fase Divergente – A visão individual de cada tomador de decisão sobre a natureza e estrutura da situação estratégica é diagramada separadamente, sem a influência da ideia dos outros participantes do processo.
- 2) Fase Convergente – Os participantes do processo interagem em um debate. Há apresentações dos diagramas desenvolvidos individualmente, análise das hipóteses mais e menos importantes e uma possível consolidação das ideias. O processo requer uma comunicação direta, um diálogo criativo e um honesto confronto das ideias.

Também Georgantzis e Acar (1995) argumentam que o CSM permite: i) transformar o processo de planejamento estratégico em uma experiência mais criativa e produtiva; ii) possibilitar aos tomadores de decisão entenderem as situações de decisão complexa; iii) perceber como a organização está envolvida em um conjunto de processos e como estes interferem em seu desempenho.

2.3.4.7. Método Análise do Impacto de Tendências

Huss e Honton (1987) reportam que a Análise dos Impactos de Tendências iniciou-se no começo dos anos 70, tendo sido praticada pelo *Futures Group*, uma empresa de consultoria americana. O modelo fundamenta-se na projeção de variáveis dependentes, com base nas tendências, que em uma fase secundária se ajustam a partir da ocorrência de eventos.

Ringland (1998) explica que o método consiste essencialmente em três etapas:

1. Preparação: a) definição do foco – questões que precisam ser respondidas para definir os limites dos cenários a serem criados; b) mapeamento das forças motrizes que têm maior capacidade de moldar o futuro do setor.
2. Desenvolvimento: a) construção do espaço do cenário com a classificação dos vários estados futuros em função das forças motrizes; b) seleção dos cenários a serem detalhados; c) detalhamento dos cenários, relacionando as tendências e os eventos necessários para chegar a cada um dos estados finais.
3. Documentação e utilização: a) documentação, compreendendo quadros e narrativas que descrevem a história representada em cada cenário; b) comprovação das implicações de cada cenário – quão diferentes serão as decisões sobre os negócios em função de cada tipo de cenário.

Huss e Honton (1987) ressaltam a vantagem do modelo visto que o mesmo combina com sucesso técnicas tradicionais de previsão, como séries temporais e econometria com fatores qualitativos; este modelo que força o usuário a identificar explicitamente os fatores de impacto e avaliar tanto sua probabilidade de ocorrência como sua importância.

Todavia, esses autores ponderam que o método não considera possíveis impactos que os eventos possam estar influenciando nem as influências interdependentes entre os eventos.

2.3.4.8. Método *Decision Strategies International (DSI)*

O modelo de construção de cenários da *DSI – Decision Strategies International* foi desenvolvido por Schoemaker. Assim como Schwartz e Van der Heijden, Schoemaker atuou na área de planejamento de cenários na *Royal Dutch/ Shell*. Não surpreende, pois, que este modelo também se baseie na metodologia da Lógica Intuitiva, a mesma empregada na *Shell* e na GBN.

Para Schoemaker (1995), a construção de cenários ajuda a mapear o conhecimento sobre o futuro, dividindo este conhecimento em dois grupos:

- a) Elementos sobre os quais acreditamos saber alguma coisa, e;
- b) Elementos que consideramos incertos ou desconhecidos.

Nota-se que o modelo em análise contempla o princípio acima preconizado. Em seu processo, o modelo DSI destina uma etapa para a identificação das principais tendências (elementos do grupo a) e outra para identificar as principais incertezas (elementos do grupo b). Schoemaker (1993) ratifica este pressuposto afirmando que a identificação das principais tendências e incertezas são os principais elementos da construção de cenários.

Outro ponto que se destaca no modelo DSI são as precauções quanto à consistência dos cenários. Schoemaker (1995) propõe checar três tipos de consistência:

- a) Compatibilidade das tendências com o escopo de prazo do cenário;
- b) Compatibilidade entre os estados finais das incertezas assumidos em um cenário, e;
- c) Compatibilidade em relação às posições assumidas pelos principais *stakeholders* no cenário em estudo.

O modelo desenvolvido por Schoemaker (1993) apresenta os seguintes passos:

- 1) Definição do Escopo - Nesta primeira etapa deve-se definir o período de tempo e o escopo a ser analisado. Por escopo entendem-se os produtos, mercados, áreas geográficas e tecnologias envolvidas.
- 2) Identificação dos Principais *Stakeholders* - Esta etapa inclui não só a identificação dos principais *stakeholders*, como também várias de suas características. *Stakeholders* mais óbvios são os clientes, fornecedores, concorrentes, acionistas, empregados e governo. As principais características a serem levantadas referem-se às suas políticas, interesses, forças e posições.
- 3) Identificação das Tendências Básicas - Verificam-se quais as forças políticas, econômicas, sociais, tecnológicas e legais que com certeza irão influenciar as questões contempladas no escopo.
- 4) Identificação das Incertezas Chave - Identificam-se os eventos cujos estados finais são incertos e que irão influenciar de forma significativa às questões do escopo.
- 5) Construção de Cenários Forçados - Após a identificação das tendências básicas e das incertezas chave, podem-se reunir todos os estados finais das

incertezas chave que levam a futuro promissor em um grupo e todos os estados finais das incertezas chave que levam a um futuro negativo em outro. Agregam-se as tendências básicas a estes cenários extremos.

- 6) Checagem de Consistência e Plausibilidade - Provavelmente os dois cenários extremos criados na etapa 5 não são plausíveis, ou melhor, não têm consistência interna. Três tipos de consistência devem ser verificadas: das tendências, das incertezas e dos *stakeholders*.
- 7) Desenvolvimento de Cenários de Aprendizagem - Na etapa anterior, ao se verificarem as consistências, temas estratégicos deverão surgir. O objetivo nesta etapa é organizar estes temas estrategicamente relevantes e construir cenários plausíveis de aprendizagem.
- 8) Identificação de Necessidade de Pesquisa - Neste ponto provavelmente aparecerá a necessidade de um entendimento mais aprofundado das tendências e incertezas. É uma etapa de refinamento dos cenários de aprendizagem.
- 9) Desenvolvimento de Modelos Quantitativos - Os cenários escolhidos servirão de base para construção de modelos quantitativos que possam formalizar as interações em suas variáveis e permitir simulações.
- 10) Seleção de Cenários de Decisão - Finalmente, num processo iterativo, deve-se chegar aos cenários que serão empregados para testar as estratégias e gerar novas ideias. Estes cenários finais respeitarão ao menos quatro aspectos: serão relevantes (conectados aos modelos mentais dos usuários), serão internamente consistentes, serão contrastantes (descrever futuros realmente diferentes) e serão descritores de um estado final, estável por um tempo razoável (não se deseja chegar a futuro que seja apenas transiente).

2.3.5. Considerações adicionais sobre os métodos e técnicas de elaboração de cenários

Em função dos diversos métodos existentes, Silva, Spers e Wright (2012) e Godet (2000a) afirmam que, na prática, não há um único método para o desenvolvimento de cenários, mas uma variedade de métodos para a construção, sendo alguns simplistas e outros sofisticados. Entretanto, pontuam os autores há um consenso que o método de cenários

somente se aplica para uma abordagem que inclua um número de etapas específicas inter-relacionadas – análise de sistemas, retrospectiva, estratégia dos autores e elaboração de cenários.

Coates (2000) sugere que cenários devem ser elaborados a partir da identificação e definição do universo de preocupação, definição das variáveis que serão importantes para moldar o futuro, identificação dos temas para os cenários e, finalmente, a criação dos cenários. Em linha semelhante, Juvenal (2000) propõe que, basicamente, há cinco estágios para o procedimento prospectivo: definição do problema e escolha do horizonte de tempo, identificação das variáveis e construção do sistema, coleta de dados e elaboração de hipóteses, exploração de futuros possíveis e de escolhas estratégicas.

Comparando-se as etapas dos diferentes métodos de cenários, é possível concluir que os procedimentos básicos do processo, tais como a definição do foco do cenário, o levantamento e análise das variáveis principais, a apresentação dos cenários e avaliação dos impactos dos futuros alternativos nas estratégias possíveis, se repetem em todas as abordagens, sendo considerados essenciais para análise de cenários. As etapas intermediárias, do tratamento das informações até a escolha dos cenários a serem detalhados em forma narrativa, no entanto, variam conforme o método, sendo o diferencial e também a razão para a adoção pela empresa de uma ou de outra abordagem que adapte mais adequadamente às características de seu ambiente de negócios.

Embora não possam ser eliminadas as incertezas, nem definidas categoricamente as trajetórias futuras da realidade estudada, segundo Buarque (2003), as metodologias de construção de cenários contribuem para delimitar as possíveis evoluções da realidade.

Conforme Silva e Santos (2009) a perspectiva da análise de cenários na visão de Schwartz, “é uma ferramenta para ajudar a adotar uma visão em longo prazo (com arte e criatividade) combinando com a prática da conversação estratégica, num mundo de grande incerteza política, social, econômica e tecnológica”.

Os métodos de construção de cenários foram alicerçados em diferentes paradigmas, ora usando modelos puramente matemáticos, colocando o ser humano a um segundo plano, ora com um foco maior nesse último. Apesar das limitações dos modelos matemáticos, eles possuem o mérito de baseados no passado, apontar o futuro mesmo com a constatação de que o ambiente é mais complexo do que esses modelos podem prever (SILVA e SANTOS, 2009).

Diversos autores relatam as dificuldades na implantação de cenários, a exemplo da cultura dos administradores, dentre eles Boaventura e Fischmann (2007), segundo os quais, na maioria das organizações, a cultura do planejamento influencia fortemente a visão de futuro dos gerentes que insistem em imaginar um único ponto futuro, conforme o conceito básico de previsão (*forecasting*).

Por seu livro de 1987, “*Scenarios and Strategic Mangement*”, Michel Godet foi considerado pela maioria dos autores como um marco na história dos métodos de desenvolvimento de cenários prospectivos, destaca Albuquerque (2006). De acordo com Godet, “a incerteza do futuro pode ser avaliada através de um número de possíveis cenários. Em princípio, quanto maior o número, maior a incerteza”. Mas sua experiência mostrou que também se deve levar em conta a diferença de conteúdo dos cenários: “os mais prováveis podem ser bem similares, ou altamente contrastantes” e, em geral, um terço do total de cenários possíveis é suficiente para cobrir 80% do campo de probabilidades.

Geus (1988) e Heijden (2009) defendem que acima de quatro cenários a análise tende a tornar-se complexa demais, pois os decisores não conseguem acompanhar todos os desdobramentos desses cenários em suas mentes. Costa e Nascimento (2007) referem que há metodologias, como a utilizada pela Macroplan (PORTO, 2006), que sugerem a criação de quatro cenários como quantidade sensata e adequada. Já Grumbach (1997) sugere a construção de cinco cenários.

Cabe destacar que o objetivo principal dos cenários não é o de acertar a situação que prevalecerá no futuro, tendo em vista que a realidade futura será moldada ao longo do tempo, entretanto, conhecer esses possíveis futuros, permite que os tomadores de decisão e os *stakeholders* estejam melhores preparados, no momento atual, para definir estratégias para lidar com incertezas deste ambiente em mudança (SILVA, SPERS e WRIGHT, 2012; WRIGHT e SPERS, 2006; SCHWARTZ, 2000). Heijden (2009) complementa que a visualização de futuros múltiplos, mas igualmente plausíveis, serviriam como base de testes de políticas e planos, principal função dessa poderosa técnica.

Segundo um estudo de O’Brien (2004), a partir de resultados de uma oficina de planejamento por cenários na *Warwick Business School* em 1990, foram identificados vários erros comuns em que se pode incorrer ao elaborar cenários, entre eles:

- Previsibilidade quanto a um número limitado de escolhas de fatores (em geral taxas de câmbio, taxas de juros e situação macroeconômica do país);
- Previsibilidade na seleção de temas para os cenários, notadamente “otimista” e “realista”; os pesquisadores também não encontraram mais referências na literatura para temas mais desafiadores e diversificados;
- Concentração em grandes “temas”, atuais e futuros; esse viés pode ser observado em praticamente todos os cenários elaborados em diferentes países, pois as pessoas tendem a concentra-se em assuntos de destaque recentes ou que ainda estejam em voga no momento dos exercícios; assuntos como eleições gerais, grandes catástrofes ou acidentes, destaques da economia e finanças nacionais e internacionais sempre ganham mais atenção;
- Apresentações dos cenários com pouca imaginação – os cenários desenvolvidos à época do estudo de O’Brien mostram-se menos preocupados com a audiência que os receberia, o uso de uma linguagem adequada para estruturar e descrever os cenários e o modo de entrega ou apresentação.

Entre as lições aprendidas com a elaboração de cenários, Albuquerque (2006) destaca que, a primeira delas é que, na vida real, nenhum cenário acontece exatamente como descrito. A realidade é muito mais variada e complexa do que o descrito por um conjunto de cenários, por mais bem elaborado que este seja. Desse modo, é quase fútil qualquer exercício de verificação do quanto cada um cenário, por si, isoladamente, está perto ou distante da realidade.

Com isso, Albuquerque (2006) destaca a segunda lição, onde a trajetória da realidade, na grande maioria dos casos, geralmente evolui dentro do conjunto de cenários traçados, combinando aspectos de um e de outro. Um monitoramento sistemático do que está acontecendo em comparação com o que está previsto no conjunto dos cenários, reduz substancialmente as chances da organização ser pega de surpresa. A terceira é um corolário da anterior: um bom conjunto de cenários tem grande utilidade como sistema de referência para a navegação rumo ao futuro.

Segundo Albuquerque (2006), a quarta lição aprendida é que um conjunto de cenários, explícita e adequadamente utilizado, reduz os conflitos de percepção a respeito do

futuro e melhora a qualidade das decisões estratégicas, tornando-as mais controláveis ou avaliáveis.

Conforme Silva e Santos (2009), na construção dos cenários, a presença dos especialistas é fundamental, não apenas para manejar a combinação de ciência e arte, que requer o uso da matemática e da estatística, fazendo conexões entre variáveis qualitativas e quantitativas do palco montado, mas, principalmente, para buscar nas incertezas existentes, oportunidades estratégicas.

O ser humano é limitado, mas o uso potencial de seu cérebro ainda não atingiu seu potencial máximo, ele não tem o dom de adivinhar o futuro, mas chamamos de imaterial aquele potencial que todos, de uma forma ou outra, sabem que existe. Através da construção de cenários, é possível projetar possibilidades e influir no porvir, tornando futuros incertos em futuros prováveis (SILVA e SANTOS, 2009).

Quando utilizado com finalidades científicas, um cenário deverá obedecer a uma série de requisitos que diversos autores apresentam agregados em eixos adequados. Assim depara-se nas propostas sobre: i) os principais elementos de um cenário, ii) as características de um bom cenário.

Assim, de acordo com Rocha e Oliveira (2006), Davis (1998 e 2002), *Shell International* (2001 e 2003) e Porter (1989), as vantagens atribuídas aos cenários são as seguintes:

- Contribuem para articular os planos com a visão da organização – permitindo questionar com maior clareza as premissas dos planos, comparar a visão e definir estratégias para enfrentar maiores riscos susceptíveis de acontecer;
- Possibilitam estabelecer uma linguagem comum e conceitos para pensar e abordar sobre eventos correntes;
- Facultam bases para os intervenientes concordarem sobre o que é provável persistir ao longo do tempo estudado nos cenários e o que é fundamentalmente incerto;
- Permitem a esses intervenientes a identificação de diferentes caminhos e desafios emergentes no ambiente global e prepararem-se adequadamente,

com políticas e estratégias, partindo das incertezas críticas previamente recenseadas;

- Proporcionam o enriquecimento do debate e ampliação da “conversa estratégica” na organização, trazendo novos conceitos e entendimento pelos destinatários, alterando mapas mentais e desenvolvendo o foco nos desafios;
- Suscitam uma busca criativa de possíveis mudanças estruturais;
- Facilitam a promoção da “resiliência organizacional”, incluindo tornar as decisões de risco mais transparentes, processo que envolve a identificação de ameaças e oportunidades e a criação e avaliação de opções;
- Concorrem para o início de um processo formal de planejamento estratégico, incluindo o teste, o desenvolvimento e a avaliação das estratégias e planos existentes;
- Propiciam o delineamento de uma plataforma comum para prospecção, aprendizagem e comunicação.

2.4. PANORAMA MACROECONÔMICO DO SETOR ELÉTRICO

Antes da realização da projeção de cenários faz-se necessário apresentar o panorama macroeconômico do setor elétrico brasileiro e a projeção de indicadores para o horizonte até 2021. Essa análise tomou como base o Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 (PDE 2021), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O PDE 2021 incorpora uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversos energéticos no período 2012-2021. Cumpre ressaltar a importância deste Plano como instrumento de planejamento para o setor energético nacional, contribuindo para o delineamento das estratégias de desenvolvimento do país a serem traçadas pelo Governo Federal.

De fato, no que se refere à economia brasileira, a consolidação do arcabouço macroeconômico desenvolvido nos últimos anos é cada vez mais firme, fornecendo meios para um desenvolvimento sustentado e mais acelerado da economia. Certamente o país não é uma “ilha isolada” do mundo, mas suas vantagens comparativas, em termos de estabilidade macroeconômica, o credenciam como economia atrativa para investimentos. Há uma importante oportunidade em termos de ganhos de produtividade a serem conseguidos na

economia nacional e, nesta década, o “dever de casa” continua sendo feito, com avanços pontuais importantes em termos de reformas estruturais. Tais avanços trazem um ciclo virtuoso de confiança em busca da redução do “custo Brasil”, destaca EPE (2012c).

Os eventos esportivos de caráter internacional (Copa do Mundo em 2014 e Olimpíadas em 2016) não apenas estimularão os investimentos em diversos setores da economia, como potencializarão a marca “Brasil” no cenário internacional. Neste cenário, a economia brasileira cresce a uma taxa acima da média mundial, apresentando no horizonte decenal um crescimento médio de 4,7% a.a., com um resultado um pouco inferior no 1º quinquênio em decorrência especialmente do desempenho dos anos iniciais, enquanto no segundo quinquênio a taxa de crescimento volta aos patamares observados nos anos anteriores à crise mundial (EPE, 2012c).

Os indicadores econômicos principais do cenário de referência adotado no PDE 2021 são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Taxas de crescimento do nível de atividade (médias no período)

INDICADORES ECONÔMICOS	HISTÓRICO		PROJEÇÃO	
	2001-2005	2006-2010	2012-2016	2017-2021
PIB mundial (% a.a.)	3,7	3,6	4,1	3,9
Comércio mundial (% a.a.)	5,5	4,1	5,6	5,1
PIB nacional (% a.a.)	2,8	4,4	4,4	5,0

Fonte: Adaptado de EPE (2012c)

Os investimentos, especialmente aqueles voltados à infraestrutura, são imprescindíveis para manter um crescimento econômico de longo prazo elevado e de forma sustentável, assim como para fornecer ganhos de competitividade a qualquer país.

Na trajetória projetada para o horizonte até 2021, EPE (2012c) ressalva que a perspectiva é de um aumento significativo da taxa de investimento em relação ao observado nos últimos anos. Para a primeira metade do horizonte decenal, estudos realizados pelo BNDES acerca dos investimentos mapeados indicam elevação dos investimentos em diversos setores de infraestrutura, com destaque para a área de logística e de energia. Outro fator que contribui para o aumento dos investimentos no período é o reinvestimento dos lucros das empresas impactado pelas perspectivas de crescimento econômico.

As perspectivas de eventos importantes a serem realizados no país nos próximos 10 anos trazem a confiança de que os patamares de investimentos devem se elevar substancialmente nos anos que se seguem. Somado aos eventos esportivos que terão sede no país nos anos de 2014 e 2016, ampliando a necessidade de aumento dos investimentos públicos e privados no país, registra-se o importante avanço da cadeia produtiva de petróleo e gás natural na camada pré-sal (EPE, 2012c). Tabela 6 apresenta a previsão investimento e PIB para o período.

Tabela 6 – Investimento e PIB (taxas médias no período)

INDICADORES ECONÔMICOS	HISTÓRICO		PROJEÇÃO	
	2001-2005	2006-2010	2012-2016	2017-2021
Investimento Total (% PIB)	16,7	18,3	20,2	21,7
Investimento Público (% PIB)	3,1	3,3	3,4	4,0

Fonte: Adaptado de EPE (2012c)

De acordo com estudo realizado pelo Banco Mundial, o Brasil está envelhecendo em um ritmo mais rápido do que o ocorrido nos países desenvolvidos. Com isto, o Brasil está se tornando um país predominantemente velho antes de se tornar uma nação rica. Entretanto, as mudanças populacionais brasileira trazem resultados positivos para a próxima década. No período entre 2011 e 2021, a população em idade ativa crescerá em ritmo superior a denominada população dependente (representada pela parcela da população abaixo de 14 e acima de 65 anos), levando o país a passar pelo período denominado bônus demográfico, destaca EPE (2012c).

Conforme apresentado no PDE 2021, por EPE (2012c), setor de serviços ganhou participação, principalmente entre 2005 e 2010, enquanto a indústria perdeu. A participação no valor adicionado da agropecuária permaneceu relativamente estável. Em termos prospectivos visualiza-se uma mudança do padrão de crescimento observado na última década. Ao contrário do período anterior em que as taxas de crescimento do setor de serviços superaram as da indústria, nos próximos dez anos o desempenho da indústria será superior. Quanto à agropecuária, a participação deverá permanecer estável.

Para o setor de serviços espera-se uma perda de participação relativa no final do horizonte considerado. Apesar disso, em termos de taxas absolutas, o desempenho deverá ser de um crescimento acelerado, pois o setor também se beneficiará substancialmente de forma direta e indireta dos programas de infraestrutura previstos para os próximos anos. Importante

registrar que o setor de serviços absorve grande parte da mão de obra da economia e terá que enfrentar, no horizonte analisado, restrições de mão de obra qualificada. A taxa de desemprego está em níveis historicamente baixos e a carência desse recurso-chave poderá ser um gargalo ao crescimento mais acelerado do setor (EPE, 2012c).

A evolução do consumo residencial de energia resulta, basicamente, da combinação dos seguintes efeitos: o crescimento do número de domicílios, a evolução da posse e uso dos equipamentos eletrodomésticos, a potência de consumo de cada equipamento e a evolução dos índices de eficiência energética dos mesmos. Com relação ao número de domicílios atendidos pelo serviço de energia elétrica, o cenário adotado admite sucesso pleno do Programa Luz para Todos ao longo do horizonte de análise. Nessas condições, o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica passará de 62 milhões em 2011 para cerca de 77 milhões de unidades em 2021, conforme EPE (2012c).

Com relação à posse de eletrodomésticos, apresentado na tabela 7, considerou-se que o aumento do estoque desses equipamentos nas residências se dá em função do incremento no número de novas ligações à rede e do aumento da renda das famílias e, de sua melhor distribuição (EPE, 2012c).

Nos próximos anos, o crescimento da população e da renda, associado ao aumento das cidades, levará à maior demanda por mobilidade, que se traduz em aumento da atividade do transporte de passageiros (passageiro/km). Maior renda justificará ampliação expressiva da frota de autoveículos no período.

Tabela 7 – Posse média de equipamentos (unidades/100 domicílios)

EQUIPAMENTO	2011	2016	2021
Ar condicionado	21	24	28
Refrigerador	97	100	100
Congelador	19	17	15
Chuveiro elétrico	73	71	70
Máquina de lavar roupas	64	70	75
Televisão	139	165	172
Lâmpadas	7,56	7,61	7,65

Fonte: Adaptado de EPE (2012c)

2.5. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Nesse capítulo, foi apresentada a revisão da literatura que transcorreu pelas inovações em sistemas de informações, a conceituação e uma visão geral sobre SG e os métodos de projeção de cenários.

Quanto à inovação associada aos sistemas de informação e comunicação, é notória a sua importância para o desenvolvimento da SG, pois somente com a elevação do nível de maturidade das tecnologias de informação e comunicação aplicadas para a gestão do sistema elétrico, é que se faz possível que essa complexa rede funcione e opere de forma otimizada, agregando valor a todos os envolvidos nessa cadeia de valor, chegando ao ponto de possibilitar o desenvolvimento das cidades inteligentes.

Também foi verificado como a SG está associada a todos os segmentos do sistema elétrico, desde a geração de energia aos consumidores finais, sendo destacado que o principal desafio para a difusão completa da SG no país é a substituição dos 70 milhões de medidores convencionais de energia pelos SM e desenvolver uma interface de comunicação entre esses medidores e as concessionárias de distribuição de energia, que representa um investimento muito representativo.

Para auxiliar a transposição das barreiras existentes para a difusão da SG é imprescindível a participação do governo para atuar como agente catalisador desse processo, definindo políticas e regulamentações favoráveis ao desenvolvimento coordenado da SG no Brasil, assim como formas de financiamento do investimento necessário.

Nesse capítulo foram apresentadas diversas definições e metodologias de projeção de cenários, com os principais métodos e técnicas de elaboração de cenários. Em função do objetivo geral desse trabalho, que é projetar três cenários possíveis no Brasil que representem a transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (SG) e, para isso contar com a participação de profissionais especialistas de diversas áreas do setor elétrico, faz-se necessária a adoção de um método de projeção de cenários que utilize a lógica intuitiva e possua uma abordagem qualitativa.

Em função da representatividade de Peter Schwartz no meio científico e acadêmico e do seu método de projeção de cenários atender aos pressupostos dessa pesquisa, o GBN – *Global Business Network*, constitui-se no método mais adequado para projeção de cenários,

por ser um método intuitivo, que vai capturar o conhecimento dos especialistas para a definição das variáveis e também, levando-se em consideração que essas variáveis serão qualitativas.

Finalmente, foi apresentado o panorama macro econômico do setor elétrico que teve como base o Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 (PDE 2021), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Com isso foi possível vislucrar o comportamento do setor elétrico nos próximos anos, que servirá de referência para a projeção dos cenários.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

Este capítulo esclarece os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, abordando a sua natureza e classificação; a área de atuação da pesquisa; a definição das variáveis e; a técnica de coleta e tratamento dos dados.

Dessa forma se faz necessário conhecer os principais agentes envolvidos com a SG, que por ventura possam influenciar ou serem influenciados pela implantação dessa nova tecnologia. A partir da avaliação desses agentes, tais como a ANEEL, o Governo, as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia, os consumidores, etc., será então possível estabelecer as variáveis chave que serão utilizadas na projeção dos cenários futuros da difusão tecnológica da SG no Brasil, que é o objetivo final desse trabalho.

3.1. NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa tem uma abordagem fundamentalmente qualitativa, pois não tem foco especificamente em coletar informações que necessitam de tratamento matemático ou estatístico. Eventualmente, métodos quantitativos serão empregados para auxiliar na análise dos dados coletados e contribuir para a pesquisa (SEVERINO, 1996; KÖCHE, 1997).

Quanto à natureza, essa pesquisa é caracterizada como básica e teórica. Já em função dos objetivos, a pesquisa se enquadra como descritiva / explicativa, pois utiliza procedimentos de análise bibliográfica e análise documental, para estudar o histórico de implantação e evolução da SG no mundo, avaliar a legislação vigente, assim como pesquisar as técnicas de projeção de cenários (SEVERINO, 1996; KÖCHE, 1997).

Um importante foco da pesquisa é coletar e analisar informações sobre casos de implantação da SG em outros países, através de análise bibliográfica, principalmente de literatura internacional para composição do referencial teórico. Ainda no referencial teórico também é realizada a pesquisa documental referente à legislação específica do setor elétrico brasileiro e internacional, assim como a análise de documentos disponibilizados pelas empresas do setor elétrico, essenciais para desenvolvimento do projeto. Também foram avaliadas, através de análise bibliográfica, as técnicas e metodologias de projeção de cenários, necessárias para projeção das tendências de difusão da SG no Brasil.

Ainda como instrumento de coleta de dados, para complementar a pesquisa empregou-se outra técnica de pesquisa, que se constitui na observação direta extensiva. Conforme Marroni e Lakatos (2008), a observação direta extensiva realiza-se por meio do questionário, do formulário, de medidas de opinião e atitudes e de técnicas mercadológicas. No caso do presente trabalho foram adotados questionários, que é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito sem a presença do entrevistador. Para isto, foram selecionados especialistas formadores de opinião do setor elétrico brasileiro, para aplicação do questionário e desenvolvimento da pesquisa.

Por se tratar de uma tecnologia recente que está se difundindo pelo mundo, a pesquisa bibliográfica e documental sobre SG compreendeu os países desenvolvidos que representam a vanguarda do assunto de pesquisa, além do Brasil, que teve a regulamentação do setor elétrico, amplamente estudada, assim como seus parâmetros políticos e econômico-financeiros, que precisaram ser devidamente pesquisados para servir de insumo para a realização da projeção de cenários.

Quanto à unidade de análise utilizada para a projeção de cenários, compreendeu um grupo de especialistas (*stakeholders*) do setor elétrico brasileiro, selecionados de forma a cobrir de modo representativo toda a cadeia de valor desse setor, para que a projeção de cenários realizada tenha abrangência nacional (setor elétrico brasileiro) e representação setorial no que tange a SG, sempre tomando como referencia a experiência internacional.

O horizonte de tempo considerado nas análises futuras para os cenários elaborados foi de 10 anos, de forma a coincidir com o horizonte de planejamento do setor elétrico e englobar, pelo menos, dois ciclos de Revisão Tarifária Periódica das distribuidoras de energia elétrica.

Referente à quantidade de cenários, inicialmente pretendia-se trabalhar com dois cenários, conforme sugerem Geus (1988), Schrieffer (1995) e Schwartz (2000), de forma a evitar a tendência do decisor em escolher o cenário intermediário como mais provável, forçando-o a refletir sobre a ramificação de ambos. Entretanto, como esse número não era fixo e, durante a evolução dos trabalhos, foi percebida a necessidade de ampliar esse número de cenários para três, esse foi o número adotado, pois a diferenciação dos mesmos não obedeceu a uma escala linear, apontando o cenário intermediário como o mais provável, conforme será observado mais adiante.

3.2. METODOLOGIA ADOTADA PARA PROJEÇÃO DE CENÁRIOS

Para essa pesquisa, foi adotado um método de construção de cenários de primeira geração, ou seja, cenários com propósito de serem exploratórios referentes ao setor econômico em estudo, voltados para o entendimento das variáveis ambientais, apresentando as incertezas básicas, e sem a capacidade de basear-se em julgamentos para tomada de decisão, como é o caso dos cenários de segunda geração, que são destinados à tomada de decisão, sendo também denominados cenários estratégicos.

A abordagem utilizada para a projeção dos cenários foi baseada na lógica intuitiva qualitativa, pois se trata de um método intuitivo no sentido em que provoca a intuição dos administradores a respeito das incertezas e possibilidades futuras; mas o modelo também é lógico, formal e disciplinado no uso da informação, análise e estruturação das tarefas. Dessa forma, o método de projeção de cenários que mais se adéqua à proposta apresentada é o método GBN – *Global Business Network*, descrito por Peter Schwartz.

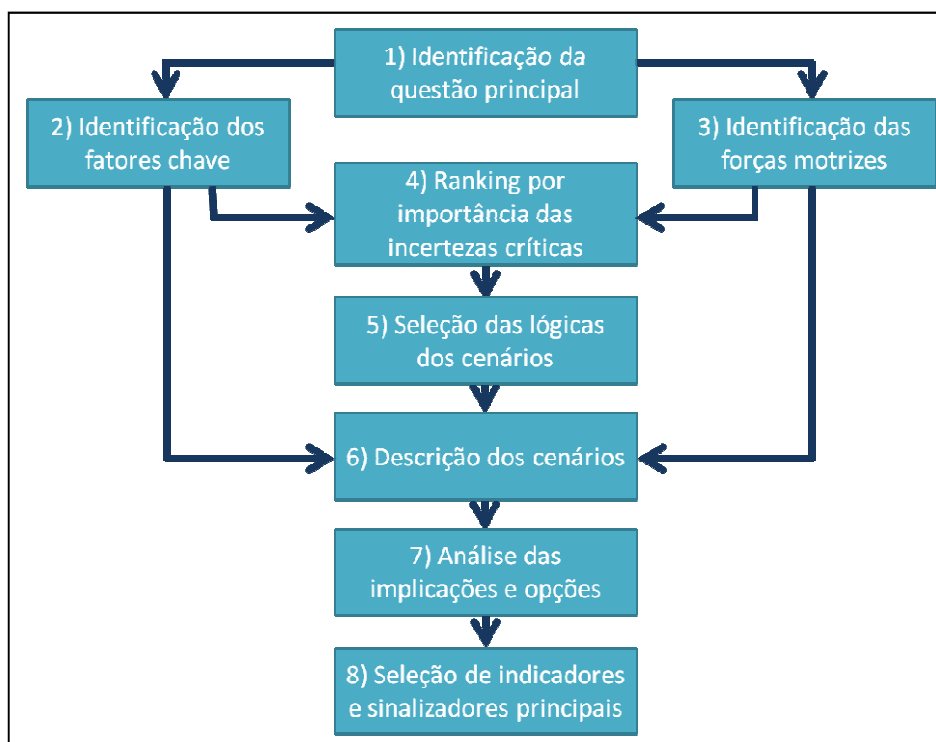
Já o processo adotado para a definição das variáveis chave utilizadas na elaboração dos cenários foi a “*Stakeholder Analysis*”, adotado por Boaventura e Fischmann (2007), o qual prevê a geração de tais variáveis através do conhecimento de especialistas do setor pesquisado, de forma a atender aos princípios teóricos mais aceitos no campo de estudos de projeção de cenários.

O método selecionado para projeção de cenários (GBN – *Global Business Network*, descrito por Peter Schwartz), assim como o processo adotado para geração das variáveis (*Stakeholder Analysis*) estão descritos nos dois tópicos seguintes, respectivamente. Na sequência, está apresentado um tópico que visa esclarecer a forma de combinação da GBN e a *Stakeholder Analysis*.

3.2.1. Abordagem de Schwartz na construção de cenários (GBN - *Global Business Network*)

Nesse método, são levados em consideração, em todas as etapas, os "modelos mentais" dos dirigentes – visão de mundo, preocupações e incertezas. Apenas após este mapeamento é que se deve partir para a análise dos modelos dos dirigentes. A metodologia de Schwartz compõe-se de oito etapas, mostrados na figura 13 e descritas a seguir:

Figura 13 – Método descrito por Schwartz para projeção de cenários



Fonte: Adaptado de Schwartz (2000)

- Etapa 1 - Identificação da questão principal: definição da questão estratégica que motivou a construção dos cenários alternativos;
- Etapa 2 - Identificação das principais forças do ambiente (fatores-chave): após a identificação da questão principal, identificam-se as principais forças do ambiente, também chamadas de fatores-chave;
- Etapa 3 - Identificação das forças motrizes (macro ambiente): São forças menos óbvias de se identificar, mas que podem influenciar ou impactar fortemente a evolução da questão principal e os fatores-chave definidos. Essas forças são os elementos que movem o enredo de um cenário;
- Etapa 4 - Hierarquização por importância e incerteza: identificadas e exploradas as forças motrizes, é preciso separar os elementos predeterminados das incertezas críticas para então, analisar da lista de forças motrizes identificadas, a classificação em elementos predeterminados e variáveis incertas;

- Etapa 5 - Seleção das lógicas dos cenários: Essa seleção parte da análise do comportamento das variáveis classificadas como incertezas críticas, que devem ser posicionadas nos eixos, ao longo dos quais, os cenários serão descritos. Deve-se construir e testar vários eixos (trajetórias) e, somente após a análise, decidir com que eixos trabalhar;
- Etapa 6 - Descrição dos cenários: os cenários devem ser apresentados em forma narrativa, explicando-se detalhadamente "como o mundo evoluiu durante o horizonte de tempo preestabelecido";
- Etapa 7 - Análise das implicações e opções: uma vez descritos os cenários, volta-se à questão principal, para verificar em cada um deles, as implicações das decisões, as vulnerabilidades da organização e as oportunidades existentes;
- Etapa 8 - Seleção dos principais indicadores e sinalizadores: o objetivo da definição desses indicadores é possibilitar um monitoramento prospectivo.

A seleção do método de Schwartz para projeção de cenários tem como fundamentação a necessidade de utilização um método com abordagem qualitativa, devido ao contexto ambiental em que a pesquisa está inserida e da característica das variáveis envolvidas (tipicamente qualitativas).

A adoção da lógica indutiva tornou-se um pré-requisito em função de possuir virtudes adicionais na medida em que apresenta uma proposta de trabalhar cenários de uma maneira múltipla, com perspectiva tanto descritiva como normativa, escopo amplo e permitindo incluir desde situações globais como questões e pontos específicos, com uma orientação por processos.

Essas questões associadas à representatividade de Peter Schwartz no meio científico e acadêmico no que tange a projeção de cenários foram os fatores motivacionais da escolha da supracitada metodologia para projeção de cenários, a ser utilizada nessa pesquisa.

3.2.2. A Stakeholder Analysis

As organizações sofrem influência e influenciam diversos agentes que compõem o ambiente em que estão inseridas. Cada vez mais os gestores sentem necessidade de entender

quais são essas forças de influência e como podem interagir com os diferentes agentes, conhecidos na literatura como *stakeholders*, conforme destacam Gonçalves *et al* (2011).

Diversos autores, entre eles Wood (1990) e Weiss (1998), referem-se à definição de *stakeholders*, sugerida por Freeman (1984) que é amplamente utilizada: “*stakeholders* são indivíduos ou grupos que podem influenciar ou serem influenciados pelas ações, decisões, políticas, práticas ou objetivos da organização”.

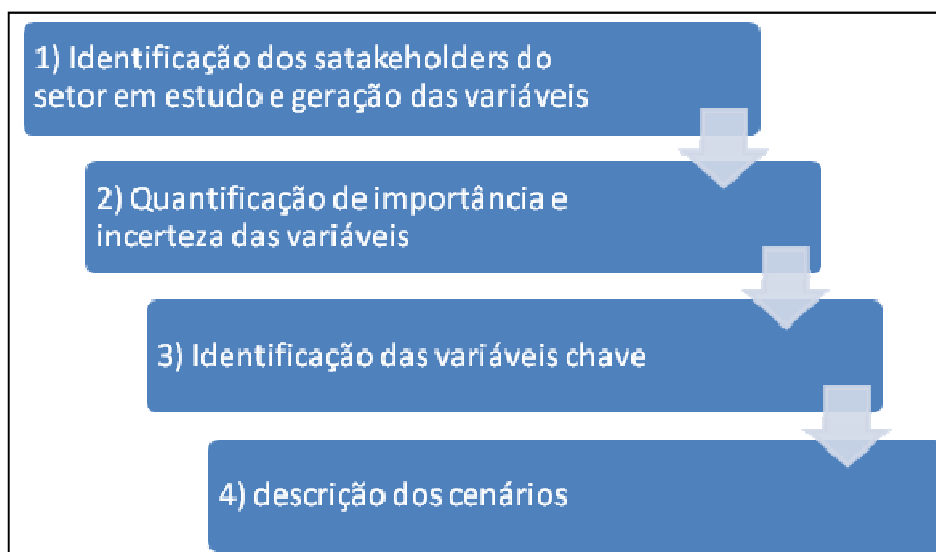
A ideia central da abordagem de *stakeholders* é que o sucesso das organizações depende da forma como gerenciam as relações com os grupos que podem afetar a realização de seus objetivos (FREEMAN e PHILIPS, 2002).

Além da influência dos *stakeholders*, o ambiente organizacional também pode ser bastante condicionado por fatores ambientais. A análise desses fatores, constituídos, entre outros, por elementos sociais, econômicos, políticos e tecnológicos, é conhecida como análise do ambiente. Aguilar (1967) define análise do ambiente como um processo de busca por informações externas no que diz respeito a eventos e relacionamentos que possam auxiliar os gestores das empresas na definição de suas ações futuras.

Concebido dentro dos paradigmas e procedimentos da Lógica Intuitiva, o método *Stakeholder Analysis*, proposto por Boaventura e Fischmann (2007), baseia-se na construção de cenários considerando fundamentos de métodos já consagrados, em que a geração de variáveis chaves é realizada por intermédio da análise do macroambiente e da aplicação da teoria de *stakeholders* do setor em estudo. O fluxograma que representa o método proposto pelos citados autores pode ser observado na Figura 14.

Uma das virtudes do método é sua aplicação relativamente simples, de fácil entendimento, dispensando métodos estatísticos e computacionais complexos. Diversos autores, a exemplo de Mercer (1995) e Wilson (1998), defendem a ideia de que modelos complexos inibem a utilização das técnicas de cenários, pois a dificuldade de seu desenvolvimento e aplicação desencoraja, sobretudo, o nível gerencial a utilizar a ferramenta. Ao contrario disso, o método proposto apresenta um processo evolutivo, cujas etapas estão sequenciadas de forma a gerar um grupo de variáveis e em seguida são realizadas seleções das variáveis até a definição das mais representativas, utilizadas na construção dos cenários.

Figura 14 – Fluxograma do método de *Stakeholder Analysis*



Fonte: Adaptado de Boaventura e Fischmann (2007)

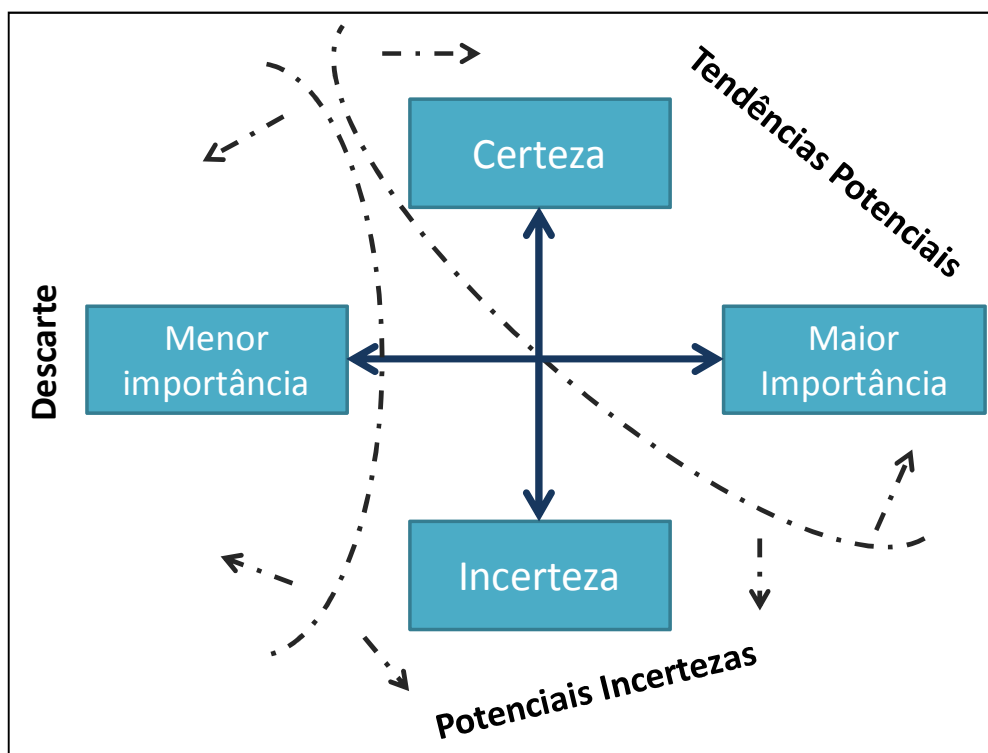
O desenvolvimento do método, conforme etapas apresentadas na Figura 14 consideram as ações destacadas a seguir.

1) Identificação dos stakeholders do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo: esta etapa identifica por meio de uma primeira rodada de entrevistas (em profundidade) com especialistas do setor, quais são os *stakeholders* do setor e quais variáveis de influência são originadas por esses *stakeholders* e por elementos do macroambiente;

2) Qualificação de importância e incerteza: o objetivo é a qualificação das variáveis identificadas na fase anterior em relação a dois atributos: i) sua importância e; ii) sua incerteza. Esta qualificação é obtida com uma segunda rodada de entrevistas com os especialistas que deverão atribuir conceitos às variáveis identificadas na fase anterior, seguindo uma escala pré-estipulada.

As variáveis selecionadas são as que representam maior importância no setor, considerando o conceito de importância e incerteza elaborado por Mitroff e Emshoff (1979) conforme Figura 15, em que: a) as variáveis situadas à esquerda são descartadas em função de sua irrelevância no sistema; b) as variáveis situadas na parte direita superior caracterizam tendências potenciais; c) as variáveis situadas na parte direita inferior caracterizam as potenciais incertezas que influenciam o sistema em estudo, porém, não sendo possível saber se ocorrerão.

Figura 15 – Gráfico da importância e incerteza



Fonte: Adaptado de Boaventura e Fischmann (2007)

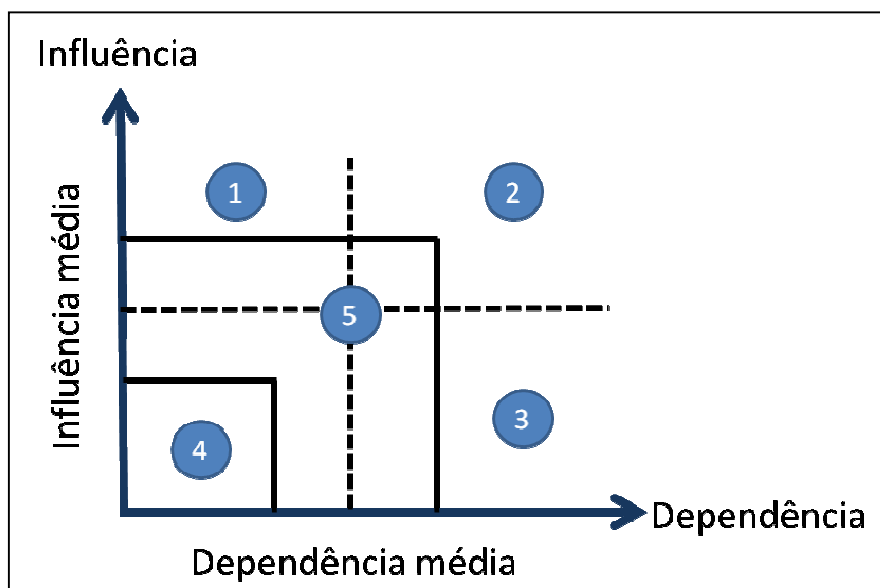
Cabe neste contexto apontar definições de tendências e incertezas como variáveis de um cenário. Incerteza, de acordo com Ayres e Axtell (1996), caracteriza um evento em que as probabilidades não são conhecidas, mas as variáveis sim. Outra definição de tendências explica que tendências são variações no ambiente externo, lentas ou rápidas, mas persistentes, que podem afetar de forma leve ou profunda os negócios, ou atividades da instituição, de seus clientes, de seus fornecedores ou da sociedade em geral.

3) Identificação das variáveis chave: o objetivo desta fase é a identificação das variáveis chave do setor. Para tanto, os especialistas deverão atribuir conceitos em relação à influência e dependência das variáveis selecionadas na fase anterior. Com base nos resultados obtidos, é elaborado o gráfico de influência x dependência, que torna possível identificar as variáveis chave, considerando a classificação proposta por Godet (2000a), conforme apresentado na figura 16.

Setor 1 – localizam-se as variáveis que explicam e condicionam o sistema. São denominadas “variáveis de influência” e caracterizam-se por possuir alta influência e baixa dependência. Setor 2 – localizam-se as chamadas “variáveis de transmissão”, que apresentam grande influência e dependência. Ações nestas variáveis são retransmitidas para outras

variáveis. Setor 3 – localizam-se as variáveis que sofrem influência das variáveis dos setores 1 e 2. São chamadas de “variáveis resultantes” e possuem baixa influência e alta dependência. Setor 4 – localizam-se as variáveis de baixa influência e dependência. Essas variáveis não são determinantes para o sistema e podem ser excluídas da análise. Setor 5 – localizam-se as variáveis denominadas “meio-termo”. São variáveis sobre as quais nada pode ser afirmado.

Figura 16 – Gráfico da influência x dependência



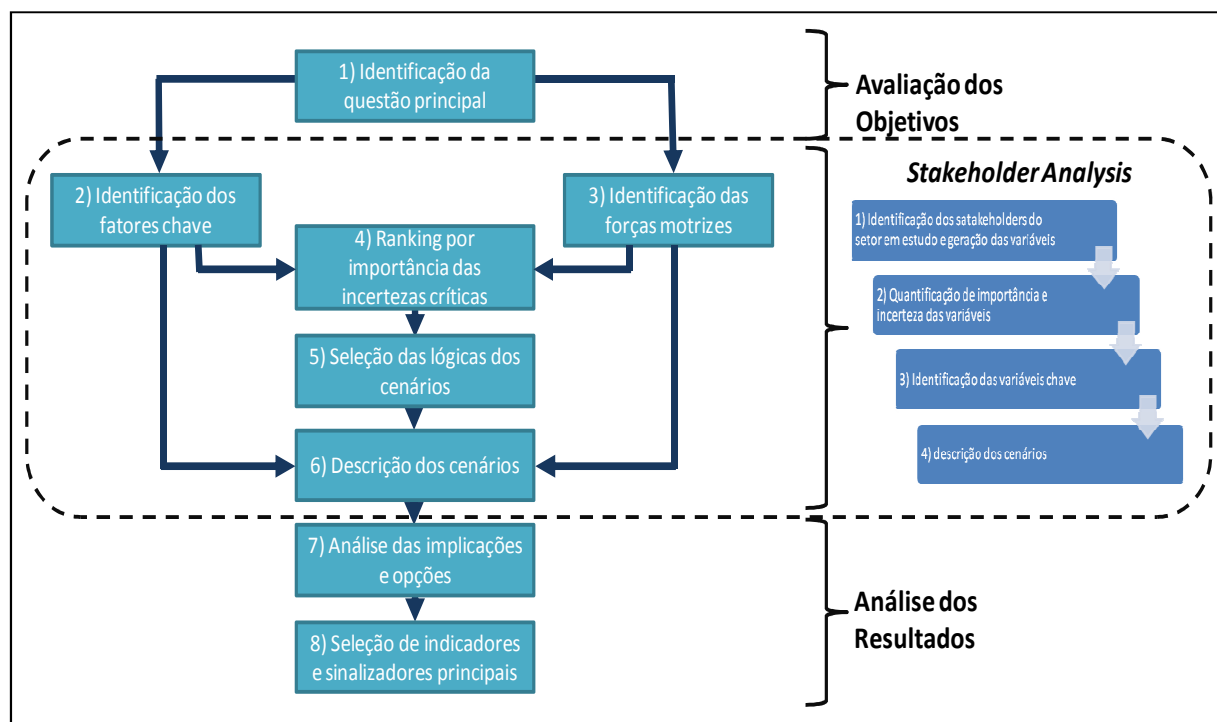
Fonte: Adaptado de Boaventura e Fischmann (2007)

4) Descrição dos cenários: Com base na classificação e seleção das variáveis, considerando seu grau de influência e dependência no setor em estudo, é então desenvolvida a etapa seguinte que se dedica à construção dos cenários.

3.2.3. A combinação da GBN e *Stakeholder Analysis*

O processo de definição de variáveis e elaboração de cenários, *Stakeholder Analysis* proposto por Boaventura e Fischmann, apresenta uma grande semelhança com o GBN, de Peter Schwartz, que é o método selecionado para projeção de cenário nessa pesquisa. A principal vantagem da *Stakeholder Analysis* é que o processo de obtenção das variáveis chave possui uma metodologia que independe de sistemas computacionais específicos ou processos de implantação complexa, os quais inibem a sua execução na prática. A figura 17 apresenta o fluxo do método de projeção de cenários descrito por Schwartz, no qual estão destacadas as atividades compreendidas pela *Stakeholder Analysis*, consolidando as figuras 13 e 14 apresentadas anteriormente, com as respectivas metodologias.

Figura 17 – Método descrito por Schwartz para projeção de cenários, destacando as etapas da *stakeholder analysis*



Fonte: Adaptado de Schwartz (2000) e Boaventura e Fischmann (2007)

Da análise da figura 17, é importante destacar que a etapa 1 – Identificação da questão principal, do método de Schwartz, compreende o objetivo intrínseco ao qual os cenários serão elaborados, independente da metodologia adotada para projeção de cenários. As demais equivalências entre os dois métodos estão relacionadas a seguir:

- Quanto a etapa 1 – Identificação dos stakeholders do setor em estudo e geração das variáveis, do método de *Stakeholder Analysis*, é equivalente às etapas 2 e 3 do método de Schwartz, onde são identificados os fatores chave e as forças motrizes do ambiente em estudo;
- Já a etapa 2 – Quantificação da importância e incerteza das variáveis, do método de *Stakeholder Analysis*, corresponde a etapa 4 – Hierarquização por importância e incerteza, do método GBN, de Schwartz;
- A etapa 3 – Identificação das variáveis chave, do método proposto por Boaventura e Fischmann, está relacionada à etapa 5 – Seleção da lógica dos cenários, do método de Schwartz, pois nessa etapa são selecionadas as variáveis que serão trabalhadas na elaboração dos cenários;

- Enquanto a etapa final da *Stakeholder Analysis*, assim como a etapa 6 do método de Schwartz, compreende a descrição dos cenários.

Finalmente as etapas 7 e 8 do método de Schwartz compreendem a fase de análise final do resultados, que será realizada no capítulo de conclusão desse trabalho.

3.2.4. Definição dos especialistas

Uma etapa inicial na *stakeholder analysis* é a identificação dos especialistas para participar da pesquisa (entrevistados). Para elaborar uma lista sugestiva de potenciais especialistas, pode-se empregar a proposta de Mason e Mitroff (1979), a qual, se voltada para a análise de um setor, excluindo-se, portanto, os especialistas (ou *stakeholders*) internos de cada organização, relaciona os seguintes: clientes, fornecedores, sindicatos, comunidades locais, investidores, empresas detentoras de tecnologia, órgãos governamentais, concorrentes, instituições de pesquisa e empresas detentoras de *know-how* em áreas que influenciam o setor.

A identificação em si dos especialistas não leva a conclusões sobre o ambiente. Mitroff e Linstone (1993) explicam que, na identificação dos especialistas, encontra-se o ponto de partida para se estabelecerem as premissas (políticas e comportamento desses agentes) que interessa conhecer; identificados os especialistas, então se poderá perguntar quais são suas políticas, interesses, poder e comportamento.

Seguindo as diretrizes de Mason e Mitroff (1979) foram convidados a participar desta pesquisa, 12 especialistas ligados ao setor elétrico brasileiro. Como critério de seleção, considerou-se que estes especialistas devem pertencer a diferentes grupos de *stakeholders* do setor em estudo e que, de preferência, exercessem atividades de comando nos grupos a que pertencem. O Quadro 2 demonstra o perfil dos especialistas entrevistados.

Da relação dos especialistas que foram selecionados e que estão descritos no quadro 2, é importante destacar que buscou-se abranger todos os *stakeholders* dos segmentos que englobam a SG, e que se dispusessem a colaborar com o desenvolvimento dessa pesquisa, tendo em vista que precisariam dispor de tempo e comprometimento para responder os questionários durante as entrevistas.

Quadro 2 – Perfil dos especialistas entrevistados

QUANTIDADE	POSIÇÃO	REPRESENTAÇÃO
01	Diretor Presidente	Distribuidora de energia elétrica
01	Presidente	Grupo de geradoras de energia elétrica
01	Engenheiro Eletricista	Consumidor residencial de energia elétrica
01	Professor Especialista	PhD. em energia e sustentabilidade
01	Presidente	Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica
02	Especialista	Especialista em Regulação e Pesquisa e Desenvolvimento do setor elétrico
01	Coordenador de Inovação	Gerencia de inovação e P&D de distribuidora de energia elétrica
01	Gerente Financeiro	Setor financeiro de avaliação de fusões e aquisições de empreendimentos de energia elétrica
01	Consultor Sênior	Especialista do setor de <i>Smart Grid</i>
01	Diretor Corporativo	Diretoria de Tecnologia de Informação e Inovação de grupo de distribuidoras de energia elétrica
01	Consultor Diretor	Especialista em regulação do setor elétrico

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.5. Método de coleta de dados e definição das variáveis

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi adotada a metodologia do tipo exploratória com abordagem qualitativa. A obtenção dos dados para definição das variáveis necessárias à elaboração dos cenários foi realizada junto aos especialistas contemplando os seguintes recursos:

- Entrevistas em profundidade amparadas por um roteiro pré-estabelecido e um questionário semi-estruturado, com profissionais (especialistas) ligados ao setor elétrico brasileiro, e pertencentes a diferentes grupos de *stakeholders* para atender a etapa 1 do método empregado;

- Entrevistas estruturadas, realizadas em dois momentos distintos, com os mesmos profissionais participantes das entrevistas em profundidade, para atender a etapa 2 – Quantificação de importância e incerteza das variáveis e etapa 3 – Identificação das variáveis chave, do método empregado.

O método de construção de cenários selecionado ao desenvolvimento desta pesquisa, GBN – *Global Business Network* de Peter Schwartz, fundamenta-se na abordagem da lógica intuitiva, que será apoiado pela abordagem *stakeholder analysis*, de Boaventura e Fischmann (2007), para geração das variáveis chave necessárias à elaboração dos cenários.

A escolha do método proposto por Boaventura e Fischmann (2007), para definição das variáveis, levou em consideração a facilidade para sua utilização, pois diversos autores relatam as dificuldades na implementação de cenários, a exemplo da cultura dos administradores, dentre eles Wilson (2000), segundo o qual, na maioria das organizações a cultura do planejamento influencia fortemente a visão de futuro dos gerentes que insistem em imaginar um único ponto futuro, conforme o conceito básico de previsão (*forecasting*).

Dessa forma, nesse trabalho, buscou superar as dificuldades que o método de projeção de cenários possa provocar em função de seu desenvolvimento. Nesse sentido, registram-se na literatura experiências no desenvolvimento de cenários que foram prejudicadas em função da complexidade de muitos métodos, dificultando a compreensão e posterior credibilidade por parte dos gerentes (MERCER, 1995). As dificuldades de implementação também foram apontadas por Schoemaker (1995), que atestou que confusões com regras e etapas complexas são armadilhas para a implementação de cenários.

Quanto às variáveis chave, avaliadas nessa pesquisa, conforme descrito no tópico anterior, somente são identificadas a partir da primeira rodada de entrevistas, de acordo com a metodologia de *stakeholder analysis*, de Boaventura e Fischmann (2007). Entretanto, para início do processo é necessário definir as pré-variáveis que contemplam os potenciais *stakeholders* que influenciam ou são influenciados pela implantação da SG. Dessa forma, no quadro 3, está apresentada a relação das pré-variáveis ou variáveis de partidas que são utilizadas como propulsoras do processo de *stakeholder analysis*, na primeira rodada de entrevistas.

Quadro 3 – Lista de pré-variáveis

PRÉ-VARIÁVEIS	
1	Indústria de Equipamentos de Medição (Medidores Inteligentes – SM)
2	Indústria de Equipamentos de Geração Renovável (eólica, solar, etc.)
3	Indústria de Acumuladores de Energia (Baterias)
4	Indústria Automobilística (Veículos Elétricos)
5	Instituições de Pesquisa
6	Ministério de Minas e Energia
7	ANEEL
8	ANATEL
9	Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica
10	Empresas de Geração de Energia Elétrica
11	Empresas de Transmissão de Energia Elétrica
12	Comercializadoras de Energia Elétrica
13	Consumidores de Energia Elétrica
14	Associações e Federações Setoriais (ABRADEE, ...)
15	Sindicatos
16	Instituições Financeiras
17	Operador Nacional do Sistema (ONS)

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dessa relação de 17 pré-variáveis, foi perguntado a cada especialista na primeira rodada de entrevistas, se deveriam manter, excluir ou incluir as pré-variáveis. Para as pré-variáveis remanescentes, foi necessário avaliar o tipo de influência exercida por essas pré-variáveis no contexto da implantação da SG.

3.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

De forma a sumarizar o que foi apresentado nesse capítulo destaca-se inicialmente a classificação dessa pesquisa, que tem uma abordagem fundamentalmente qualitativa. Já quanto à natureza, essa pesquisa é caracterizada como básica e teórica, e em função dos objetivos, a pesquisa se enquadra como descritiva / explicativa, pois utiliza procedimentos de análise bibliográfica e análise documental. A coleta de dados será realizada através da observação direta extensiva realiza-se por meio do questionário, do formulário, de medidas de opinião e atitudes e de técnicas mercadológicas.

A abordagem utilizada para a projeção dos cenários foi baseada na lógica intuitiva qualitativa, sendo adotado o método GBN – *Global Business Network*, descrito por Peter Schwartz. No caso do processo adotado para definição das variáveis e projeção dos cenários foi selecionado a “*Stakeholder Analysis*”, adotado por Boaventura e Fischmann (2007), o qual prevê a geração das variáveis necessárias para a construção de cenários através do conhecimento de especialistas do setor pesquisado, de forma a atender aos princípios teóricos mais aceitos no campo de estudos de projeção de cenários.

Dessa forma, serão elaborados 03 cenários buscando descrever as tendências de difusão da *Smart Grid* no Brasil sob a ótica de especialistas do setor, considerando um horizonte de 10 anos.

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através das três rodadas de entrevistas, conforme metodologia descrita no capítulo anterior, sendo apresentada inicialmente a identificação dos *stakeholders* do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo, obtidas a partir da primeira rodada de entrevistas. Posteriormente, na segunda rodada de entrevistas, as variáveis serão avaliadas em termos de sua importância e incerteza, o que permitirá a priorização e seleção das variáveis de maior influência no assunto. A terceira rodada de entrevistas permitirá a identificação das variáveis chave, que serão utilizadas para a elaboração dos três cenários que serão apresentados ao final desse capítulo.

4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS *STAKEHOLDERS* DO SETOR E GERAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO AMBIENTE DE ESTUDO

Para realização da primeira rodada de entrevistas, foi elaborado um questionário, em *MS Excel*, com uma série ordenada de questões para serem respondidas pelos especialistas selecionados. O modelo desse formulário de entrevistas está apresentado no Apêndice A (Formulário da primeira rodada de entrevistas), o qual é composto de quatro partes, sendo:

- Ficha de introdução do questionário – Nessa ficha estão apresentados sucintamente os objetivos desse projeto de pesquisa, a informação do método adotado para a projeção de cenários e o detalhamento do processo de entrevistas com as três etapas necessárias para a geração das variáveis chave, conforme metodologia da *Stakeholder Analysis*;
- Ficha de identificação do participante – Nessa ficha o especialista preenche os dados de identificação pessoal, profissional, acadêmica e contatos;
- Ficha de validação dos *stakeholders* – Nessa ficha foi apresentada uma lista sugestiva com as pré-variáveis, na qual o entrevistado deveria manter, excluir ou incluir novos *stakeholders*;
- Ficha de avaliação da influência dos *stakeholders* – para as pré-variáveis que foram marcados com o status de “manter” na ficha anterior é necessário avaliar o tipo de influência exercida por esses *stakeholders* no contexto da implantação da SG. Esse campo é descritivo.

Foram listadas inicialmente 17 pré-variáveis, conforme apresentado no quadro 2, as quais foram carregadas na ficha de validação dos *stakeholders* do formulário da primeira rodada de entrevistas. Essas pré-variáveis que no contexto metodológico adotado, são denominadas *stakeholders*, deram origem a 139 indicações de influência exercida pelos *mesmos* no contexto da implantação da SG, conforme respostas dos especialistas entrevistados.

Essas 139 indicações de influência exercida foram depuradas, de forma a serem identificadas similaridades e/ou discrepâncias, para enfim serem consolidadas como as variáveis iniciais do macroambiente em estudo. Essa consolidação deu origem a 35 variáveis, conforme apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 – Relação das variáveis selecionadas

VARIÁVEL		COMPLEMENTO
1	Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do SM
2	Indústria 2	O desenvolvimento da indústria de SM influencia a definição de protocolos de comunicação
3	Indústria 3	Para viabilização dos SM a indústria de medidores exerce influência sobre a utilização dos medidores <i>Multiutilities</i> (Energia, água, gás, etc.)
4	Indústria 4	A expansão e consolidação da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia o desenvolvimento de normas técnicas de conexão de geração distribuída
5	Indústria 5	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída resultará na padronização de "Kits de Microgeração" (solar e eólica) <i>Plug and Play</i>
6	Indústria 6	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída força a redução dos preços dos Microgeradores
7	Indústria 7	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia a elaboração de uma regulamentação favorável à cogeração
8	Indústria 8	O desenvolvimento da indústria de acumuladores de energia força a redução dos preços das baterias

9	Indústria 9	O desenvolvimento da indústria de acumuladores de energia resultará na evolução tecnológica das baterias
10	Indústria 10	O desenvolvimento tecnológico da indústria de acumuladores de energia resultará no desenvolvimento de tecnologias para controle de despacho da energia gerada/acumulada
11	Indústria 11	Os problemas ambientais do tratamento dos resíduos das baterias forçam a reciclagem desses produtos
12	Indústria 12	A expansão da quantidade de veículos elétricos possibilita o surgimento dos terminais de recarga
13	Indústria 13	A penetração de veículos elétricos no mercado força a redução do seu preço
14	Pesquisa 1	O desenvolvimento de algoritmos de otimização e de rotinas tratamento de dados resultará na melhoria da informação e otimização da rede (dados e energia)
15	Governo 1	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG
16	Governo 2	O MME influencia e define políticas de financiamento para implantação da SG
17	Governo 3	O MME influencia e desenvolve uma conscientização da sociedade quanto a importância da SG
18	Regulador 1	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)
19	Regulador 2	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)
20	Regulador 3	A influência da ANATEL sobre a regulamentação do setor pressiona a redução dos preços dos serviços de Telecomunicação
21	Distribuidora 1	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras
22	Distribuidora 2	As empresas do setor elétrico priorizaram recursos destinados a P&D para desenvolvimento e domínio da tecnologia necessária ao desenvolvimento da SG

23	Distribuidora 3	Os ganhos obtidos pelas distribuidoras com a SG resultarão em redução da tarifa de energia elétrica
24	Comercializadora 1	O aumento da conexão de pequenos geradores à rede resultará na necessidade das comercializadoras de energia atuarem no mercado de "varejo"
25	Consumidor 1	A possibilidade de gestão da demanda pelo próprio consumidor resultará em torná-lo um agente ativo no setor elétrico
26	Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica
27	Consumidor 3	Os consumidores se tornarão "Prosumidores" (consumidor e produtor) através da possibilidade de instalar micro geração local.
28	Associações 1	As associações e federações setoriais influenciam o Regulador a desenvolver políticas setoriais favoráveis à implantação da SG
29	Associações 2	As associações e federações setoriais influenciam os consumidores e demais <i>stakeholders</i> ao desenvolvimento de uma cultura favorável à implantação da SG
30	Sindicato 1	Os sindicatos influenciam a definição de políticas setoriais em prol dos direitos dos trabalhadores do setor elétrico
31	Bancos 1	A redução dos custos de financiamento influencia a viabilização da implantação da SG
32	Indústria 14	A evolução dos equipamentos inteligentes (eletroeletrônicos) pressiona o desenvolvimento da SG para viabilizar sua operação integrada ao <i>Grid</i>
33	Capacitação 1	A evolução tecnológica advinda com a SG resultará na necessidade de formação de mão de obra capacitada nas diversas áreas de conhecimento que envolve a nova tecnologia
34	Regulador 4	O Órgão Regulador pressiona quanto a necessidade de homologação junto ao INMETRO dos principais equipamentos utilizados na SG
35	Jurídico 1	O Judiciário proporcionará o apoio legal necessário ao combate das perdas não técnicas

Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis selecionadas, produto da primeira rodada de entrevistas, foram insumo para a segunda rodada de entrevistas, conforme apresentado a seguir. Na primeira rodada de

entrevistas, dos 12 especialistas entrevistados apenas dois não responderam ao questionário, representando uma efetividade superior a 84% nessa etapa.

4.2. QUALIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E INCERTEZA DAS VARIÁVEIS

Para realização da segunda rodada de entrevistas, foi elaborado um novo questionário, em *MS Excel*, com uma série ordenada de questões para serem respondidas pelos especialistas selecionados. O modelo desse formulário de entrevistas está apresentado no Apêndice B (Formulário da segunda rodada de entrevistas), o qual é composto de três partes, sendo:

- Ficha de introdução do questionário e ficha de identificação do participante – semelhante às fichas contidas no questionário anterior;
- Ficha de avaliação da importância e incerteza das variáveis – nessa ficha os especialistas devem avaliar cada uma das 35 variáveis, resultantes da primeira rodada de entrevistas, em termos de importância e incerteza.

A avaliação do grau de importância atendeu a seguinte escala:

- Variável de muito baixa importância no ambiente – atribuído valor 1;
- Variável de baixa importância no ambiente – atribuído valor 2;
- Variável de média importância no ambiente – atribuído valor 3;
- Variável de alta importância no ambiente – atribuído valor 4;
- Variável de muito alta importância no ambiente – atribuído valor 5.

Já a avaliação do grau de incerteza atendeu a seguinte escala:

- Variável de alta incerteza (é totalmente incerto) – atribuído valor 1;
- Variável de média incerteza (é provável) – atribuído valor 2;
- Variável de baixa incerteza (é uma certeza) – atribuído valor 3.

A consolidação do resultado da avaliação da importância e incerteza das variáveis avaliadas pelos especialistas está apresentada na tabela 8. O resultado apresentado neste quadro consiste da média das notas atribuídas pelos especialistas para cada variável.

Tabela 8 – Resultado consolidado da avaliação de importância e incerteza das variáveis

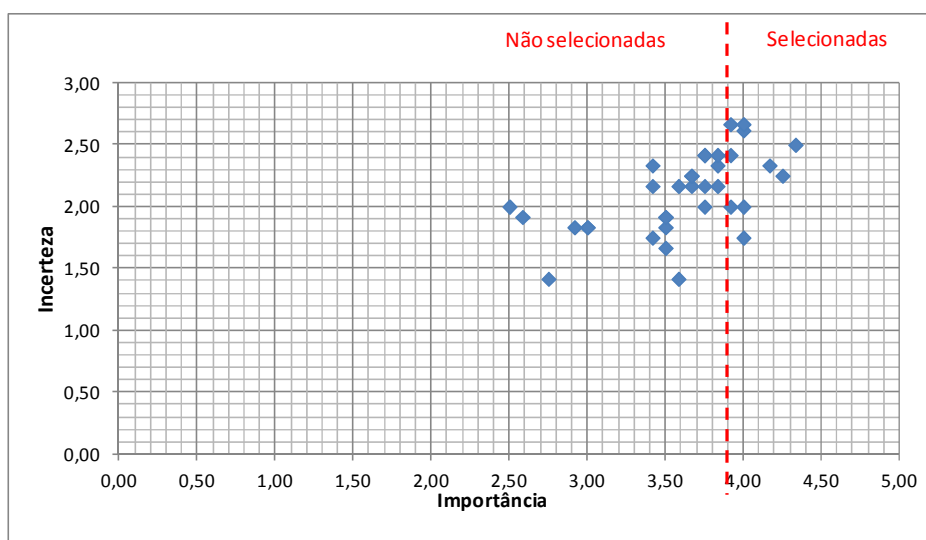
VARIÁVEL		RESULTADO	
		Importância	Incerteza
1	Indústria 1	3,92	2,67
2	Indústria 2	3,67	2,17
3	Indústria 3	2,58	1,92
4	Indústria 4	3,92	2,42
5	Indústria 5	3,83	2,17
6	Indústria 6	3,75	2,42
7	Indústria 7	3,42	2,33
8	Indústria 8	3,50	1,92
9	Indústria 9	3,58	2,17
10	Indústria 10	3,00	1,83
11	Indústria 11	3,75	2,42
12	Indústria 12	4,00	2,62
13	Indústria 13	3,75	2,17
14	Pesquisa 1	3,67	2,25
15	Governo 1	4,00	1,75
16	Governo 2	3,42	1,75
17	Governo 3	2,75	1,42
18	Regulador 1	4,17	2,33
19	Regulador 2	4,00	2,00
20	Regulador 3	3,50	1,83
21	Distribuidora 1	4,35	2,25
22	Distribuidora 2	3,67	2,25
23	Distribuidora 3	3,50	1,67
24	Comercializadora 1	3,00	1,83
25	Consumidor 1	3,50	1,92
26	Consumidor 2	3,92	2,00
27	Consumidor 3	3,83	2,33
28	Associações 1	3,42	2,17
29	Associações 2	2,92	1,83
30	Sindicato 1	2,50	2,00
31	Bancos 1	4,33	2,50
32	Industria 14	3,75	2,00
33	Capacitação 1	4,00	2,67
34	Regulador 4	3,83	2,42
35	Jurídico 1	3,58	1,42

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do resultado consolidado da avaliação de importância e incerteza das variáveis, os valores obtidos foram representados graficamente no gráfico de importância versus incerteza, que está apresentado na figura 18.

Nesse gráfico está indicada a faixa que destaca o terceiro quartil dos valores de importância, que é o critério de seleção das variáveis transferidas para a próxima etapa. Esse critério de seleção foi definido por Boaventura e Fischmann, na metodologia da *Stakeholder Analysis*, em função da necessidade de triagem das variáveis, avaliadas pelos especialistas como as mais importantes, para serem levadas à próxima etapa. Os autores afirmam que o posicionamento da linha de corte sobre o terceiro quartil é um critério que foi testado em diversos casos práticos e permite a seleção de um grupo satisfatório de variáveis dentro da metodologia proposta.

Figura 18 – Gráfico da Importância versus Incerteza



Fonte: Elaborado pelo autor

Do montante das 35 variáveis avaliadas, dez delas foram selecionadas de acordo com o critério definido, sendo as variáveis avaliadas como de maior importância pelos especialistas. Essas variáveis selecionadas estão apresentadas no quadro 4, que também informa a categoria atribuída para cada variável (tendência ou incerteza). A categoria foi atribuída em função do resultado do atributo incerteza obtido por cada variável, sendo adotado o seguinte critério:

- Categoria Tendência (variável de baixa incerteza) – para valores de incerteza maior ou igual a 2,05;

- Categoria Incerteza (variáveis de alta incerteza) – para valores de incerteza menor que 2,05.

Destaca-se que o valor do atributo incerteza que define se a variável pertence a Categoria Tendência ou a Categoria Incerteza, seguiu o critério estabelecido por Boaventura e Fischmann, na metodologia da *Stakeholder Analysis*. Com isso, foi definido como valor limítrofe o ponto intermediário entre os valores máximo (2,67) e mínimo (1,42) obtidos para o atributo incerteza, representado pelo valor 2,05, cujo resultado dessa classificação está apresentado no quadro 5, a seguir.

Quadro 5 – Variáveis selecionadas

VARIÁVEL		CATEGORIA
1 Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do SM (medidor eletrônico inteligente)	Tendência
4 Indústria 4	A expansão e consolidação da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia o desenvolvimento de normas técnicas de conexão de geração distribuída	Tendência
12 Indústria 12	A expansão da quantidade de veículos elétricos possibilita o surgimento dos terminais de recarga	Tendência
15 Governo 1	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	Incerteza
18 Regulador 1	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	Tendência
19 Regulador 2	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)	Incerteza
21 Distribuidora 1	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	Tendência
26 Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	Tendência
31 Bancos 1	A redução dos custos de financiamento contribui para a viabilização da implantação da SG	Tendência
33 Capacitação 1	A evolução tecnológica advinda com a SG resultará na necessidade de formação de mão de obra capacitada nas diversas áreas de conhecimento que envolve a nova tecnologia	Tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis selecionadas na segunda rodada de entrevistas são o insumo para a rodada final de entrevistas. Nessa segunda rodada de entrevistas, dos 12 especialistas entrevistados apenas um não respondeu ao questionário, representando uma efetividade superior a 91% nessa etapa.

4.3. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE

Para realização da rodada final de entrevistas, foi elaborado um novo questionário, em *MS Excel*, com uma série ordenada de questões para serem respondidas pelos especialistas selecionados. O modelo desse formulário de entrevistas está apresentado no Apêndice C (Formulário da terceira rodada de entrevistas), o qual é composto de três partes, sendo:

- Ficha de introdução do questionário e ficha de identificação do participante – semelhante às fichas contidas nos questionários anteriores;
- Ficha de avaliação da influência e dependência das variáveis – nessa etapa as 10 variáveis selecionadas na etapa anterior foram comparadas duas a duas resultando em 45 comparações (1/45, 2/45, 3/45, ..., 45/45) conforme matriz apresentada no quadro 6. Com isso, essa ficha precisou ser repetida por 45 vezes e para facilitar a navegação nas fichas, foi adotado recurso de macros do *MS Excel*.

Quadro 6 – Matriz de comparação das variáveis na terceira rodada de entrevistas

Variável/ Comparação	1	4	12	15	18	19	21	26	31	33
1										
4	1/45									
12	2/45	10/45								
15	3/45	11/45	18/45							
18	4/45	12/45	19/45	25/45						
19	5/45	13/45	20/45	26/45	31/45					
21	6/45	14/45	21/45	27/45	32/45	36/45				
26	7/45	15/45	22/45	28/45	33/45	37/45	40/45			
31	8/45	16/45	23/45	29/45	34/45	38/45	41/45	43/45		
33	9/45	17/45	24/45	30/45	35/45	39/45	42/45	44/45	45/45	

Fonte: Elaborado pelo autor

Para cada comparação realizada entre duas variáveis, o especialista deve indicar:

- Qual das variáveis possui mais influência no sistema em estudo (*Smart Grid*);
- Se há uma relação de dependência entre as duas variáveis. Caso haja, o especialista deverá ainda identificar qual variável dá origem a causa da dependência e qual variável sofre seu efeito, além de avaliar a dimensão desse efeito, que pode ser graduado em alto, médio ou baixo.

Para a tabulação dos dados foram adotados os seguintes critérios:

- A cada comparação em que uma variável foi julgada de maior influência que a outra no sistema em estudo, atribuiu-se 1 ponto;
- Quando uma relação de dependência era apontada pelos especialistas, a variável efeito era pontuada, atribuindo-se 1 ponto para a graduação de baixa dependência, 2 pontos para a média e 3 pontos para a alta.

De acordo com esses critérios, o valor máximo de influência que uma variável poderia obter seria 9, uma vez que cada variável foi submetida a 9 comparações, ou seja, uma comparação com cada uma das demais variáveis.

Quanto ao quesito dependência, vale destacar que a pontuação foi atribuída às variáveis que sofreram dependência de outras e não àquelas que influenciam outras. Dessa forma, como uma variável poderia sofrer até 9 dependências, e cada dependência poderia atingir o valor máximo de 3 (alta dependência), o valor máximo de dependência que uma variável poderia obter seria 27.

A partir dessa sistemática de cálculo, os resultados obtidos para as variáveis em cada quesito (influência e dependência), estão apresentados na tabela 9. Ainda nessa tabela está apresentado o resultado normalizado da influência e dependência, de modo a facilitar a posterior análise gráfica dessas variáveis. A pontuação referente à influência das variáveis foi normalizada adotando-se o valor 100 para a variável que tivesse obtido a pontuação máxima de 9. Já para o quesito dependência, a normalização visou atribuir o valor 50 para valor médio da pontuação de dependência das variáveis.

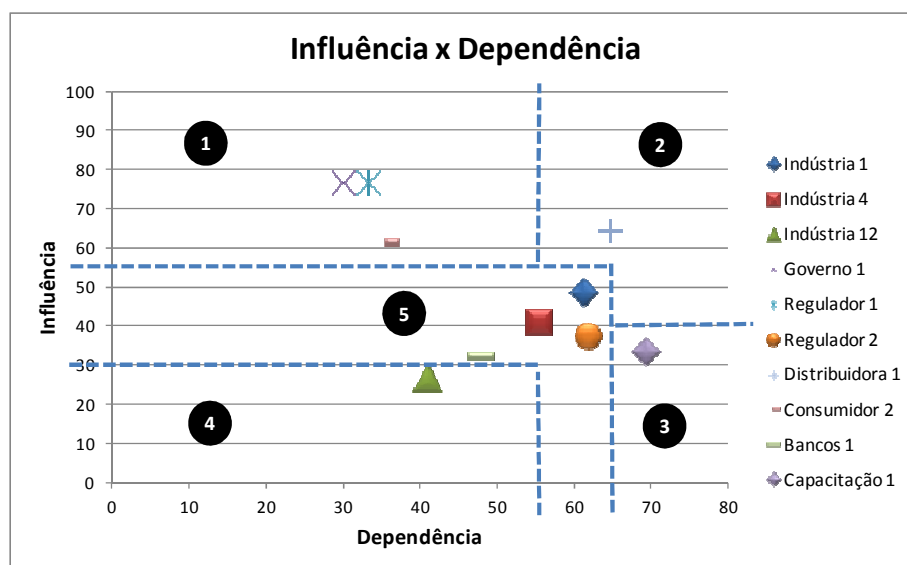
Tabela 9 – Médias originais e normalizadas de influência e dependência

VARIÁVEL		Valores Originais		Valores Normalizados	
		Influência	Dependência	Influência	Dependência
Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do SM (medidor eletrônico inteligente)	4,38	8,85	48,72	61,30
Indústria 4	A expansão e consolidação da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia o desenvolvimento de normas técnicas de conexão de geração distribuída	3,69	8,00	41,03	55,44
Indústria 12	A expansão da quantidade de veículos elétricos possibilita o surgimento dos terminais de recarga	2,38	5,92	26,50	41,04
Governo 1	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	6,92	4,31	76,92	29,85
Regulador 1	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	6,92	4,77	76,92	33,05
Regulador 2	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)	3,38	8,92	37,61	61,83
Distribuidora 1	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	5,85	9,31	64,96	64,50
Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	5,54	5,15	61,54	35,71
Bancos 1	A redução dos custos de financiamento contribui para a viabilização da implantação da SG	2,92	6,92	32,48	47,97
Capacitação 1	A evolução tecnológica advinda com a SG resultará na necessidade de formação de mão de obra capacitada nas diversas áreas de conhecimento que envolve a nova tecnologia	3,00	10,00	33,33	69,30

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme metodologia da *Stakeholder Analysis*, proposta por Boaventura e Fischmann, os valores das médias normalizadas dos quesitos influência e dependência foram representados graficamente em um gráfico da influência versus dependência, onde as variáveis foram representadas em seus diversos setores, conforme apresentado na figura 19. Cada setor tem características próprias que ajudam a entender melhor o sistema em estudo. A identificação das variáveis chave dá-se em função de dois atributos: sua alta influência no sistema em estudo e sua baixa dependência de outras variáveis.

Figura 19 – Gráfico da influência versus dependência



Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se observar na análise do gráfico da figura 19, pelas variáveis encontradas no setor 1, que são três as variáveis mais importantes do sistema, duas da categoria tendência e uma da categoria incerteza. No quadro 7 estão apresentadas as variáveis chave selecionadas, onde foi incluída também uma variável adicional posicionada no setor 2, que apresenta um alto valor de influência e uma dependência intermediária. Essa variável adicional, Distribuidora 1, da categoria tendência, foi selecionada como variável chave por se tratar de uma variável de alta influência, além de ter sido apresentada com a variável de maior importância entre as variáveis avaliadas nesse quesito, conforme apresentado anteriormente na tabela 8.

As quatro variáveis chave selecionadas: i) Governo 1; ii) Regulador 1; iii) Distribuidora 1, e; iv) Consumidor 2; representam 04 importantes *stakeholders* de segmentos distintos do sistema em estudo. Essas variáveis chave serão utilizadas como principal insumo na elaboração dos cenários propostos sobre a tendência de difusão da *Smart Grid* no Brasil.

Quadro 7 – Variáveis chave selecionadas

VARIÁVEL CHAVE	VARIÁVEL - DESCRIÇÃO	CATEGORIA
Governo 1	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	Incerteza
Regulador 1	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	Tendência
Distribuidora 1	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	Tendência
Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	Tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4. DEFINIÇÃO DOS EIXOS PARA CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS FUTUROS

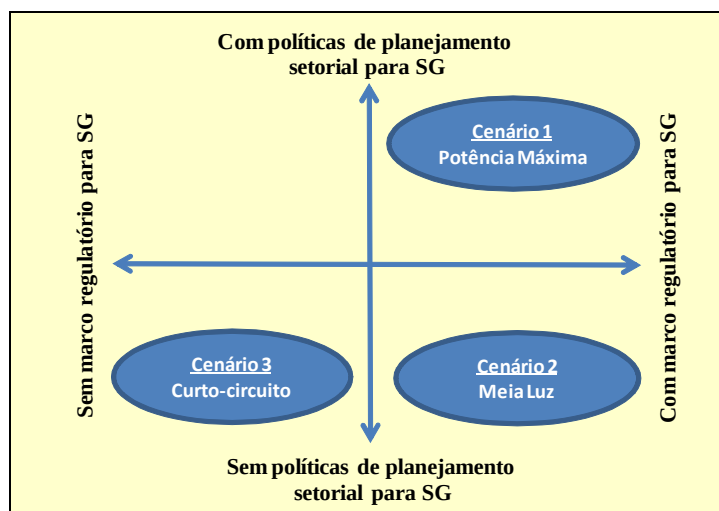
Seguindo a metodologia da *Stakeholder Analysis*, proposta por Boaventura e Fischmann, é necessário explicar as relações entre as variáveis chave selecionadas. Para isso é utilizado como ferramenta de apoio o gráfico de posicionamento dos cenários ante as incertezas chave, apresentado na figura 20. Para a construção desse gráfico foram selecionadas as duas variáveis de maior influência e menor dependência (melhores posicionadas no setor 1 do gráfico), mais especificamente, foram selecionadas como eixos de definição de cenários as seguintes incertezas chave: Governo 1, e; Regulador 1.

Importante destacar que apenas a variável Governo 1, entre as variáveis chave selecionadas, é uma variável de incerteza, entretanto a variável Regulador 1 sofre influência direta dessa variável e ao mesmo tempo pode ser projetada como variável independente da variável Governo 1. Dessa forma é possível uma composição harmônica entre as duas variáveis para elaboração do gráfico de posicionamento dos cenários.

Ressalta-se que a representação gráfica elaborada do posicionamento dos cenários em função dessas variáveis chave é ilustrativa e não tem a pretensão de escalas para as variáveis envolvidas. Na figura 20 é possível visualizar a representação com a variável Governo 1 (Políticas de planejamento setorial para *Smart Grid*) no eixo vertical e a variável

Regulador 1 (Marco regulatório para Smart Grid) no eixo horizontal. Também estão destacados os 03 cenários que serão elaborados: i) Potência Máxima; ii) Meia Luz, e; iii) Curto-circuito. Esses cenários serão detalhados no tópico a seguir.

Figura 20 – Posicionamento dos cenários ante as incertezas chave



Fonte: Elaborado pelo autor

Destaca-se que não foi definido um quarto cenário, associado ao quadrante restante, pois caracterizaria uma situação que dificilmente ocorreria na prática, haja vista que o Regulador do Setor Elétrico é um órgão público, assim como o MME, e não deixaria de instituir um Marco Regulatório para a Smart Grid, caso ouvesse definições do MME de políticas setoriais a esse respeito. Logo, essa composição de cenário foi descartado.

4.5. CENÁRIOS FUTUROS SOBRE A TENDÊNCIA DE DIFUSÃO DA *SMART GRID* NO BRASIL

Nesse tópico serão apresentados cenários desenvolvidos considerando como premissa básica o panorama macroeconômico do setor elétrico do Plano Decenal de Expansão de Energia 2021, da EPE (2012c), a partir da qual serão elaborados os três cenários com a tendência de difusão da *Smart Grid* no Brasil sob a ótica de especialistas, tendo sido definidos os seguintes cenários:

- Cenário 1 – Potência Máxima: nesse cenário será considerado que o Governo, através do Ministério de Minas e Energia (MME) prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG e o Regulador do Setor Elétrico (ANEEL), em função da expansão da SG,

estabelece o marco regulatório (setor de energia) para regulamentar o assunto entre os agentes envolvidos;

- Cenário 2 – Meia Luz: nesse cenário será considerado que o Governo, através do Ministério de Minas e Energia (MME), não estaria priorizando e definindo políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG, entretanto o Regulador do Setor Elétrico (ANEEL), em função da expansão da SG, independente do MME, estabelece o marco regulatório (setor de energia) para regulamentar o assunto entre os agentes envolvidos;
- Cenário 3 – Curto-Circuito: nesse cenário não haveria a definição de políticas setoriais por parte do MME, assim como não haveria a instituição do Marco Regulatório por parte da ANEEL para regulamentar o desenvolvimento da SG no país.

Esses cenários foram elaborados tendo como base um horizonte de 10 anos, em função da mudança estrutural ocasionada pela difusão da SG, e serão apresentados com detalhes nos tópicos subsequentes.

Cabe destacar ainda que diversos autores indicam que o cenário elaborado deve ser apresentado em forma de uma história (*storyline*), com a descrição narrativa das principais características desse cenário e da sua relação com as forças motrizes (O'BRIEN, 2004; SILVA, SPERS e WRIGHT, 2012; WRIGHT e SPERS, 2006; SCHWARTZ, 2000; HEIJDEN, 2009). Essa descrição dos cenários em forma narrativa está apresentada nos tópicos seguintes, entretanto, após a apresentação de cada cenário, será feita uma apresentação do comportamento assumido pelas variáveis consideradas em cada um dos cenários elaborados, de forma a identificar quais as variáveis consideradas em cada cenário e qual o comportamento assumido pela mesma.

4.5.1. Cenário 1: “Potência Máxima”

O desdobramento das políticas de planejamento setorial definidas pelo Ministério de Minas e Energia – MME, nas quais foram estabelecidas metas e prazos para transformação da rede elétrica brasileira em uma rede elétrica inteligente (SG), visam posicionar o Brasil na vanguarda do setor elétrico mundial, seguindo a tendência mundial de modernização das redes elétricas existentes. O Governo aproveita a boa fase da economia nacional, associada ao

grande volume de investimentos em infraestrutura, ocasionado pelo Programa de Aceleração do Crescimento parte 2 – PAC 2, pela Copa do Mundo e Olimpíada, que serão realizados no país, para desenvolver e atualizar a infraestrutura existente do setor elétrico do país, que é uma das maiores e mais complexas redes do mundo.

Com a preocupação de demonstrar ao Mundo, durante esses dois importantes eventos esportivos, que o Brasil possui uma matriz energética limpa e sustentável, o Governo define a criação de subsídios financeiros para a compra de medidores inteligentes (SM) e canais atrativos de financiamento para construção de fontes alternativas de geração distribuída (principalmente eólica e solar), que se expandem de forma acelerada no país.

Em função das políticas setoriais estabelecidas pelo Governo, objetivando que a expansão da SG ocorra de forma rápida e coordenada, o Regulador do setor elétrico se vê pressionado a estabelecer o Marco Regulatório do Setor Elétrico que regulamenta a implantação da SG no país. Foi então definido o padrão técnico mínimo de SM, o qual deve permitir a medição bidirecional de energia e possuir canal de comunicação também bidirecional, além de possibilitar a tarifação horossazonal. Também foi redefinido o período de depreciação dos medidores e o montante a ser reconhecido na base de remuneração regulatória (BRR).

Em função dos fortes subsídios estabelecidos para aquisição de SM, foi definida a meta de substituição dos medidores convencionais por medidores inteligentes de todas as unidades consumidoras situadas nas capitais da federação brasileira até o ano de 2016 e das demais cidades até o final do ano de 2021.

Para não haver aumento na tarifa de energia elétrica as distribuidoras se veem compelidas, pelo Regulador, a capturar ao máximo os ganhos de produtividade advindos da SG; tais como a leitura e corte remotos, operação automatizada da rede elétrica, localização de defeitos e autorrecuperação. Outro importante ganho, para ajudar a cobrir parte os gastos das distribuidoras com a instalação dos medidores inteligentes, é obtido com a redução das perdas não técnicas de energia, que passa a receber maior apoio do Judiciário, ajudando a coibir as ações irregulares de fraudes e furtos de energia.

Os consumidores começam a descobrir e usufruir das potencialidades e ganhos propiciados pelo SM, como a opção pela adoção da tarifação horossazonal e o controle da demanda, como importantes ferramentas para redução dos gastos com energia elétrica. Aos

poucos, a micro geração distribuída começa a se tornar viável técnica e economicamente e vira uma realidade no país, expandindo inicialmente nos edifícios comerciais e condomínios residenciais, seguida pelas unidades residenciais individuais, com a instalação de painéis fotovoltaicos e micro turbinas eólica.

Com a grande expansão da frota de automóveis, uma saída para aumentar a mobilidade urbana são os veículos elétricos, que aumentam rapidamente em número nos grandes centros, criando uma nova fonte de renda para as distribuidoras de energia, que instalam postos de recarga rápida em diversos pontos das cidades, para atender a nova demanda de energia para recarga das baterias de automóveis, motocicletas e bicicletas elétricas.

Já em 2016, com a maior parte das capitais tendo concluída a instalação dos medidores eletrônicos, a indústria de SM já está consolidada e padronizada. Com a amortização dos investimentos realizados pelo setor industrial de medidores eletrônicos, os preços dos medidores inteligentes se encontram em forte queda rumo à estabilização, em um patamar mais próximo aos valores que eram praticados para os medidores convencionais, demonstrando que vieram para ficar.

Em função da necessidade de criação de uma rede de comunicação ligando todos os medidores inteligentes às empresas distribuidoras, e de restrições operacionais e comerciais do sistema de telecomunicação existente ao início do processo, a Agência Reguladora de Telecomunicações – ANATEL se vê pressionada pelas empresas do setor elétrico e de telecomunicações a estabelecer uma regulamentação específica para essa situação, visando que as concessionárias de energia elétrica paguem um preço justo por um serviço com a qualidade e confiabilidade necessárias, ao invés das empresas de energia serem obrigadas a criar uma rede própria de comunicação, com um alto custo associado de implantação e manutenção das mesmas.

Outra importante ação governamental que catalisou a difusão da SG no país, foi a adequação imediata da grade curricular dos cursos técnicos profissionalizantes e de alguns cursos superiores de engenharia, para a formação de mão de obra especializada, a tempo para atuação nas diversas frentes de trabalho da área de tecnologia que se desenvolveram a partir da difusão da SG no país.

Já é verificada, em 2016, uma melhoria significativa (redução) nos níveis de perdas de energia do setor elétrico brasileiro, assim como uma melhoria constante e consistente dos indicadores de qualidade do serviço e do produto das distribuidoras de energia elétrica. As redes inteligentes já começam a se conectar entre diversas cidades e até mesmo entre concessionárias de distribuição de energia distintas e, essas com algumas unidades de geração distribuída e grandes usinas, que passam a ser despachadas em função do consumo medido e não mais de previsões de demanda. Sofisticadas rotinas computacionais permitem o despacho otimizado da geração, aumentando a eficiência e confiabilidade do sistema elétrico brasileiro.

Diversos foram os ganhos obtidos pelas empresas do setor elétrico com a implantação da SG, tais como: i) redução de perdas técnicas, em função da adoção da geração distribuída; ii) redução de perdas não técnicas; iii) redução da inadimplência e; iv) redução de custos operacionais (corte, religação, medição, entrega de faturas e operação da rede). Com isso, após a amortização do investimento inicial realizado pelas distribuidoras, já existe a sinalização, por parte da ANEEL, de redução da tarifa de energia a partir do 4º Ciclo de Revisões Tarifárias periódicas.

O consumidor de energia elétrica se torna mais participativo na cadeia do setor elétrico, buscando o máximo de ganhos, seja em termos de redução de tarifas, atuando como cogenerador, exigindo mais qualidade do serviço e usufruindo de todas as funcionalidades propiciadas pela SG, como o desenvolvimento e operação das casas inteligentes (*smart home*), passando a contribuir como agente ativo de eficiência energética do setor residencial.

4.5.1.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 1 - “Potência Máxima”

Conforme foi apresentado, esse cenário compreende uma situação em que todos os *stakeholders* envolvidos atuaram de forma a acelerar o desenvolvimento da SG, assim como capturar os ganhos e usufruir dos benefícios proporcionados pela difusão dessa tecnologia. No quadro 8, estão apresentadas, de forma sequencial conforme descrito no cenário, as variáveis utilizadas na construção do cenário 1 – “Potência Máxima”, assim como a referência no texto ou comportamento assumido pelas mesmas.

Quadro 8 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 1

VARIÁVEL	VARIÁVEL - DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Governo 1 (variável chave)	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	Utilizadas para desenvolver e atualizar a infraestrutura existente do setor elétrico do país com foco no SG
Governo 2	O MME influencia e define políticas de financiamento para implantação da SG	Ação implementada em função das Políticas Setoriais – variável Governo 1.
Regulador 1 (variável chave)	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	Realizado em consequência das políticas setoriais
Indústria 2	O desenvolvimento da indústria de SM influencia a definição de protocolos de comunicação	Em função do Marco Regulatório, foi definido o padrão técnico mínimo de SM
Distribuidora 1 (variável chave)	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	As distribuidoras foram compelidas, pelo Regulador a não haver aumento na tarifa de energia elétrica, sendo necessário aumento da produtividade
Jurídico 1	O Judiciário proporcionará o apoio legal necessário ao combate das perdas não técnicas	O ganho com a redução das perdas de energia ajuda a cobrir os gastos com a instalação de SM
Consumidor 2 (variável chave)	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	Os consumidores começam a descobrir e usufruir das potencialidades e ganhos propiciados pelo SM
Consumidor 1	A possibilidade de gestão da demanda pelo próprio consumidor resultará em torná-lo um agente ativo no setor elétrico	Como consequência da migração para a tarifa horossazonal, há a mudança de comportamento do consumidor
Indústria 6	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída força a redução dos preços dos Microgeradores	A expansão iniciou em edifícios comerciais, seguindo para o setor residencial
Indústria 12	A expansão da quantidade de veículos elétricos possibilita o surgimento dos terminais de recarga	Os veículos elétricos aumentam rapidamente em número nos grandes centros, possibilitando uma nova fonte de renda para as distribuidoras
Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do SM	Após a amortização dos investimentos realizados, o custo dos medidores reduz e estabiliza
Regulador 2	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)	Restrições operacionais e comerciais do sistema de telecomunicação existente e necessidade de atender a demanda da SG.

Regulador 3	A influência da ANATEL sobre a regulamentação do setor pressiona a redução dos preços dos serviços de Telecomunicação	As concessionárias de energia elétrica exigem um preço justo por um serviço com a qualidade e confiabilidade necessárias
Capacitação 1	A evolução tecnológica advinda com a SG resultará na necessidade de formação de mão de obra capacitada nas diversas áreas de conhecimento que envolve a nova tecnologia	Ação governamental que catalisou a implantação da SG
Distribuidora 3	Os ganhos obtidos pelas distribuidoras com a SG resultarão em redução da tarifa de energia elétrica	Redução da tarifa de energia a partir do 4º Ciclo de Revisões Tarifárias periódicas

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário foi construído tendo como principais direcionadores as variáveis chave, entretanto foram utilizadas diversas variáveis que foram identificadas e avaliadas durante a etapa de levantamento de dados, conforme foi possível verificar no quadro 8.

4.5.2. Cenário 2: “Meia Luz”

Diversas iniciativas isoladas das concessionárias de energia elétrica, motivadas em sua maioria pela redução de perdas não técnicas de energia, são implantadas como projetos piloto em cidades de pequeno e médio porte, com objetivo de desenvolvimento e teste das tecnologias da SG. Uma parte dos recursos financeiros empregados nesses projetos são originários de Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Programas de Eficiência Energética (PEE), da ANEEL, entretanto a maior parte dos recursos são próprios das distribuidoras, que estão atentas a evolução tecnológica do setor, que está ocorrendo em diversas partes do mundo.

Em função de pressões exercidas pelas concessionárias e até mesmo pelo Governo Federal, o Regulador do setor elétrico vê a necessidade de estabelecer o Marco Regulatório do Setor Elétrico que regulamenta a implantação da SG no país. Foi então definido o padrão técnico mínimo de SM, o qual deve permitir a medição bidirecional de energia e possuir canal de comunicação também bidirecional, além de permitir a tarifação horossazonal. Nessa regulamentação, foi instituída a obrigatoriedade das empresas de distribuição em arcar integralmente com os custos de aquisição e instalação dos medidores eletrônicos, assim como os custos de comunicação. Também foi redefinido o período de depreciação dos medidores e o montante a ser reconhecido na base de remuneração regulatória (BRR).

Foi estabelecido pela Agência Reguladora do Setor Elétrico, um prazo de 20 anos para substituição de todo o parque de medidores convencionais instalados por medidores inteligentes (SM). Dessa forma, foi definido um critério de priorização das cidades brasileiras, em função do produto interno bruto – PIB, índice de desenvolvimento humano - IDH e consumo médio de energia (excetuando a classe industrial), gerando a ordem de implantação de SM, por cidade, para o período de 20 anos, independente da concessionária de distribuição de energia que atende a cada cidade.

Em função do pequeno aumento na tarifa de energia elétrica, concedido para custear a substituição dos medidores, e que foi insuficiente para cobrir a maior parte dos gastos com essa finalidade, as distribuidoras se veem obrigadas pelo Regulador a capturar ao máximo os ganhos de produtividade advindos da SG; tais como a leitura e corte remotos, operação automatizada da rede elétrica, localização de defeitos e autorrecuperação. Outro importante ganho, utilizado para cobrir grande parte dos gastos das distribuidoras com a instalação dos medidores inteligentes, foi obtido com a redução das perdas não técnicas de energia (fraudes e furtos).

Apesar da necessidade de criação de uma rede de comunicação ligando todos os medidores inteligentes às empresas distribuidoras e de restrições operacionais e comerciais do sistema de telecomunicação, que existia no início do processo, a Agência Reguladora de Telecomunicações – ANATEL se negou a estabelecer uma regulamentação específica para essa situação, obrigando às concessionárias de energia elétrica pagarem um preço elevado por um serviço sem a qualidade e confiabilidade necessária. Com isso, muitas dessas empresas, principalmente em cidades fora dos grandes conglomerados urbanos, foram obrigadas a criarem uma rede própria de comunicação, com um alto custo associado para implantação e manutenção das mesmas.

Em função de uma iminente crise de abastecimento de energia elétrica no país e, da elevação do custo da energia devido à operação das usinas termelétricas emergenciais, o Governo se viu pressionado a fornecer subsídios à construção de empreendimentos de geração distribuída principalmente os parques eólicos com os projetos que já existiam em carteira. Para auxiliar na operação otimizada da geração distribuída de fontes intermitentes, como a eólica, o Operador Nacional do Sistema – ONS passou a adotar a medição instantânea de carga em tempo real, e a leitura das medições de grandezas das subestações de distribuição digitalizadas, possibilitada a partir das cidades onde a SG já se encontra mais desenvolvida.

Em 2016, poucas concessionárias de distribuição de energia conseguiram atingir suas metas de implantação de SM e se mobilizam para pleitear a flexibilização dos prazos. Entretanto já é possível visualizar a existência de pequenas ilhas, compreendendo uma ou mais cidades, operando como SG, mas ainda existem dificuldades de conexão de algumas cidades inteligentes, principalmente em função da falta de padronização dos protocolos de comunicação adotados.

A falta de subsídios para o desenvolvimento da indústria nacional de microgeradores e painéis fotovoltaicos, assim como as elevadas taxas de importação desses equipamentos, dificulta a viabilização da implantação desses dispositivos em grande escala a nível residencial, ficando mais a cargo das distribuidoras a utilização da microgeração para atendimento à iluminação pública e localidades isoladas, onde não é viável a utilização da rede elétrica convencional.

A taxa de adesão dos consumidores, que já possuem SM instalado em sua residência, à tarifa horossazonal ainda é modesta, e pouco representativa, não causando o impacto esperado em termos de deslocamento da demanda máxima residencial para o horário fora do pico do sistema, o que causaria liberação da capacidade do sistema. Ações visando o estabelecimento de uma cultura juntos aos consumidores, para torná-los mais proativos em termos de SG, ainda precisam ser desenvolvidas.

4.5.2.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 2 - “Meia Luz”

Esse cenário compreende uma situação em que, apesar do MME não definir políticas setoriais visando a difusão da SG, outros *stakeholders* envolvidos, como a ANEEL, atuaram de forma a acelerar o desenvolvimento da SG, assim como capturar os ganhos e usufruir dos benefícios proporcionados pela difusão dessa tecnologia. No quadro 9, estão apresentadas, de forma sequencial conforme descrito no cenário, as variáveis utilizadas na construção do cenário 2 – “Meia Luz”, assim como a referência no texto ou comportamento assumido pelas mesmas.

Quadro 9 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 2

VARIÁVEL	VARIÁVEL - DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Governo 1 (variável chave)	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	Nesse cenário o MME não definiu tais políticas
Distribuidora 2	As empresas do setor elétrico priorizaram recursos destinados a P&D para desenvolvimento e domínio da tecnologia necessária ao desenvolvimento da SG	Parte dos recursos financeiros empregados nesses projetos é originários de Programas de P&D e PEE
Regulador 1 (variável chave)	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	Realizado em consequência da pressão das distribuidoras
Distribuidora 1 (variável chave)	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	As distribuidoras foram compelidas, pelo Regulador a aumentar a produtividade em função do aumento insuficiente da tarifa de energia elétrica que não cobre os gastos com implantação dos SM
Regulador 2	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)	A ANATEL se negou a estabelecer uma regulamentação específica para essa situação
Regulador 3	A influência da ANATEL sobre a regulamentação do setor pressiona a redução dos preços dos serviços de Telecomunicação	As distribuidoras foram obrigadas a criar uma rede própria de comunicação, com um alto custo associado para implantação e manutenção das mesmas
Indústria 2	O desenvolvimento da indústria de SM influencia a definição de protocolos de comunicação	Existem dificuldades de conexão de algumas cidades inteligentes, principalmente em função da falta de padronização dos protocolos de comunicação adotados
Indústria 6	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída força a redução dos preços dos Microgeradores	A falta de subsídios para o desenvolvimento da indústria nacional de microgeradores e painéis fotovoltaicos e elevadas taxas de importação, dificulta a viabilização da implantação desses dispositivos em grande escala
Consumidor 2 (variável chave)	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	A taxa de adesão dos consumidores, que já possuem SM instalado em sua residência, à tarifa horossazonal ainda é modesta
Associações 2	As associações e federações setoriais influenciam os consumidores e demais <i>stakeholders</i> ao desenvolvimento de uma cultura favorável à implantação da SG	Ações visando o estabelecimento de uma cultura juntos aos consumidores, para torná-los mais proativos em termos de SG, ainda precisam ser desenvolvidas

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário foi construído tendo como principais direcionadores as variáveis chave, entretanto foram utilizadas diversas variáveis que foram identificadas e avaliadas durante a etapa de levantamento de dados, conforme foi possível verificar no quadro 9.

4.5.3. Cenário 3: “Curto-Circuito”

Ainda em 2016, a chamada Tarifa Branca homologada pela ANEEL em 2012, gera polêmica entre as distribuidoras de energia, órgãos de classe e representantes dos consumidores, pois a regulamentação não foi incisiva, deixando para o consumidor a opção de escolher utilizar a tarifa horossazonal e, ficando a cargo e ônus da concessionária instalar o medidor eletrônico que permitisse esse tipo de faturamento. Somente no caso do consumidor optar por um medidor com funções adicionais (por exemplo: comunicação via internet ou um medidor bidirecional), a diferença seria paga pelo consumidor, o que acabou não ocorrendo.

Em virtude da falta de conhecimento dos consumidores sobre a tarifa horossazonal e da dificuldade de redução do consumo durante o horário de pico do sistema (horário de tarifa mais cara), poucos consumidores se aventuraram nessa nova modalidade tarifária.

Muitos projetos piloto de implantação de cidades inteligentes evoluíram, entretanto em função de sua pequena escala e do elevado custo de operação e manutenção desses projetos, os mesmos não se mostraram viáveis.

Ainda em 2016, um novo modelo de tarifação que foi testado em alguns projetos piloto, começa a se mostrar viável e com aceitação por parte do consumidor: a energia pré-paga. Aproveitando o grande sucesso da telefonia móvel, a energia pré-paga apresenta-se como uma solução viável para comunidades de baixo poder aquisitivo, pois os consumidores passam a racionalizar o uso da energia e gastar menos com a conta de energia e, por outro lado, as concessionárias reduzem os gastos com leitura e entrega de contas, cortes e religação, perdas não técnicas de energia e inadimplência.

O setor que mais evoluiu em termos da SG foi o de distribuição de energia, principalmente com a automação de equipamentos da rede. Essa melhoria da automação se deu nas subestações de distribuição e nos equipamentos de seccionamento instalados na rede elétrica, principalmente em função da exigência regulatória de melhoria constante dos indicadores de qualidade do serviço (redução da frequência e duração das interrupções de fornecimento).

Já os investimentos em infraestrutura do setor elétrico, principalmente na construção de grandes empreendimentos de geração e linhas de transmissão, ainda esbarram em grandes entraves ambientais e dificuldades de financiamento, levando o sistema a operar vários anos seguidos no limiar de sua capacidade, tendo que operar com as termelétricas emergenciais. Os grandes apagões estão cada vez mais frequentes, sejam em função da insuficiência de geração para atender a carga crescente ou em função de problemas operacionais em equipamentos, em final de vida útil, instalados em linhas de transmissão e subestações.

A geração distribuída existente, principalmente em função dos parques eólicos, tem causado distúrbios e prejudicado a estabilidade do sistema em função da dificuldade de controle da sua geração. Entretanto a geração eólica tem evoluído pouco nos últimos anos, por não se mostrar viável, em função dos baixos valores de tarifas negociadas nos leilões de energia futura.

Algumas empresas de distribuição de energia, principalmente do setor privado, instaladas em grandes centros urbanos, tem obtido algum êxito com a instalação de SM, voltados ao combate das perdas não técnicas de energia, onde têm obtido resultados economicamente viáveis. Entretanto, como a ideia inicial desses casos de sucesso não é puramente a criação de uma SG, verifica-se que estão sendo desenvolvidas diversas células de redes inteligentes com dificuldades de integração entre si, pois não há uma padronização entre os protocolos de medição, de comunicação, banco de dados, etc.

4.5.3.1. Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 3 - “*Curto-Circuito*”

Nesse cenário não houve a definição de políticas setoriais por parte do MME, assim como não houve a instituição do Marco Regulatório por parte da ANEEL para regulamentar o desenvolvimento da SG no país, sendo que desenvolvimento ocorreu de forma mais lenta, devido a iniciativas das distribuidoras. No quadro 10, estão apresentadas, de forma sequencial conforme descrito no cenário, as variáveis utilizadas na construção do cenário 3 – “*Curto-circuito*”, assim como a referência no texto ou comportamento assumido pelas mesmas.

Quadro 10 – Consolidação do comportamento das variáveis no cenário 3

VARIÁVEL	VARIÁVEL - DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
Governo 1 (variável chave)	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG	Nesse cenário o MME não definiu tais políticas
Regulador 1 (variável chave)	A expansão da SG pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)	Nesse cenário o Regulador não implantou o marco regulatório sobre SG
Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	Ainda em 2016 a chamada Tarifa Branca, homologada pela ANEEL em 2012, gera polêmica entre as distribuidoras de energia
Consumidor 2 (variável chave)	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica	Em virtude da falta de conhecimento dos consumidores, poucos se aventuraram nessa nova modalidade tarifária
Distribuidora 1 (variável chave)	A evolução e difusão da SG resultam em aumento de produtividade das distribuidoras	Em função da adoção do modelo de tarifação de energia pré-paga as concessionárias reduzem os gastos com leitura e entrega de contas, cortes e religação, perdas não técnicas e inadimplência
Indústria 2	O desenvolvimento da indústria de SM influencia a definição de protocolos de comunicação	Estão sendo desenvolvidas diversas células de redes inteligentes que apresentarão dificuldades futuras de integração entre si

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário foi construído tendo como principais direcionadores as variáveis chave, entretanto foram utilizadas outras variáveis que foram identificadas e avaliadas durante a etapa de levantamento de dados, conforme foi possível verificar no quadro 10.

4.6. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A primeira rodada de entrevistas possibilitou a identificação dos *stakeholders* do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo, que contemplaram 35 variáveis, nesta etapa. Na segunda rodada de entrevistas aos especialistas foi realizada a avaliação dessas variáveis em termos de importância e incerteza. O critério de importância permitiu selecionar as 10 variáveis de maior importância para o setor em estudo. Já o critério incerteza possibilitou classificar as variáveis quanto a sua categoria: tendência ou incerteza.

Para a rodada final de entrevistas, as 10 variáveis selecionadas, foram avaliadas em termos de influência e dependência. Com isso foi possível selecionar 04 variáveis de maior influência e menor incerteza, denominadas variáveis chave do sistema.

As variáveis chave foram utilizadas para a geração dos três cenários, assim denominados: i) Potência Máxima; ii) Meia Luz, e; iii) Curto-circuito. Esses cenários traçaram diferentes panoramas de difusão da *Smart Grid* no Brasil em função de comportamentos assumidos pelas variáveis chave: Governo; Regulador; Distribuidora e; Consumidor e tiveram como objetivo apresentar uma projeção de tendências para servir de base à definição de ações referentes ao planejamento estratégico e operacional dos diversos agentes envolvidos.

Dos três cenários apresentados, o cenário Meia Luz apresenta-se, atualmente, como o cenário de maior chance de ocorrência em virtude do posicionamento do Governo Federal em não intervir e/ou não focar ações que visam estabelecer políticas de desenvolvimento da tecnologia da *Smart Grid* para o setor elétrico, em função da possibilidade de causar desequilíbrio econômico no setor. Por outro lado, a ANEEL já está desenvolvendo ações específicas e pontuais que estão direcionando as distribuidoras de energia elétrica a implantarem melhorias tecnológicas que permitirão o desenvolvimento da *Smart Grid* no Brasil. Ainda nessa linha de tendência, as distribuidoras de energia elétrica estão desenvolvendo projetos de implantação de medidores inteligentes para resolver problemas específicos, principalmente furtos e fraudes de energia.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente capítulo trata das considerações finais, decorrentes das pesquisas bibliográficas, entrevistas realizadas junto aos especialistas e dos cenários que foram gerados ao longo da dissertação, buscando responder ao questionamento do problema da pesquisa e concluir sobre os resultados alcançados no Capítulo 4, além de propor recomendações para estudos futuros.

5.1. CONCLUSÕES

O questionamento aberto no Capítulo 1, que estabeleceu o problema da pesquisa, foi: qual cenário futuro de difusão da *Smart Grid* no Brasil?

Para responder a este questionamento, foi adotado o método de projeção de cenários, pautado na lógica do conceito intuitivo, descrito por Peter Schwartz, o GBN – Global Business Network, sendo apoiado pelo processo de seleção das variáveis chave e projeção dos cenários, denominado “*Stakeholder Analysis*”, descrito por Boaventura e Fischmann (2007).

Com o GBN, associado a *Stakeholder Analysis*, foi possível a geração das variáveis chave necessárias para a construção de cenários, através do conhecimento de especialistas do setor pesquisado, de forma a atender aos princípios teóricos mais aceitos no campo de estudos de projeção de cenários. Com isso foi possível elaborar três cenários apresentando as tendências de difusão da *Smart Grid* no Brasil, sob a ótica de especialistas, sumarizados a seguir:

- Cenário 1 – Potência Máxima: nesse cenário foi considerado que o Governo, através do Ministério de Minas e Energia (MME) prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG e o Regulador do Setor Elétrico (ANEEL), em função da expansão da SG, estabelece o marco regulatório (setor de energia) para regulamentar o assunto entre os agentes envolvidos;
- Cenário 2 – Meia Luz: nesse cenário foi considerado que o Governo, através do Ministério de Minas e Energia (MME), não definiu políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da SG, entretanto o Regulador do Setor Elétrico (ANEEL), em função da expansão da SG,

independente do MME, estabelece o marco regulatório (setor de energia) para regulamentar o assunto entre os agentes envolvidos;

- Cenário 3 – Curto-Circuito: nesse cenário não houve a definição de políticas setoriais por parte do MME, assim como não houve a instituição do Marco Regulatório por parte da ANEEL para regulamentar o desenvolvimento da SG no país.

Foi possível constatar que a forma de difusão da SG no Brasil será fortemente influenciada por decisões governamentais, sendo que o primeiro cenário, o mais favorável, depende da definição de políticas de planejamento setoriais que estabeleçam metas e prazos para implantação da SG e consequente instituição do marco regulatório, por parte da ANEEL, para assegurar que o desenvolvimento da SG ocorra de forma harmônica, sem causar desequilíbrio econômico para os agentes envolvidos, principalmente às distribuidoras e consumidores. Dessa forma, através de ações sinérgicas coordenadas, será possível que o Brasil acompanhe a tendência mundial de difusão da SG, adotando as melhores práticas, a exemplo de países como a Alemanha, Dinamarca, Suécia, Itália, Portugal e outros países que são referencia nesse segmento, auferindo os diversos ganhos possíveis com a implantação da SG.

No segundo cenário, no qual não houve a definição de políticas de planejamento setorial, mas houve a definição do marco regulatório referente à implantação da SG, ainda ocorre a difusão da SG no Brasil, porém ficando prejudicada em função da falta de definição de padrões técnicos e protocolos de comunicação, assim como os altos custos associados ao sistema de telecomunicação e dos medidores inteligentes que sobrecarregaram em demasia as distribuidoras. Com isso, ganhos potenciais da SG não são auferidos no curto prazo, dificultando sua expansão, sem acarretar a esperada otimização do sistema elétrico. Dessa forma, sem o comprometimento de todos os agentes, haverá o dispêndio de capital sem haver a melhoria da qualidade do sistema elétrico, ficando o Brasil com uma “quase *Smart Grid*” que custou caro e não apresentou os ganhos esperados, por falta de coordenação da sua implantação.

Já no terceiro cenário em função do elevado custo associado ao SG e, sem haver a ação catalisadora do governo e do agente regulador, a evolução tecnológica do setor elétrico ocorre de maneira muito modesta, sem inovações representativas, ocorrendo apenas melhorias em alguns segmentos, tais como a automação de subestações e equipamentos de

seccionamento instalados na rede e em ações de combate às perdas não técnicas, sem poder ser efetivamente considerada uma SG. Muito mais rápida que a evolução tecnológica do sistema elétrico brasileiro haverá a evolução dos problemas e restrições operacionais que podem acarretar apagões de grande abrangência, necessidade de racionamento de energia e uma tarifa de energia elétrica cara, em função da necessidade de utilização de geração térmica emergencial, sem trazer os benefícios associados a esse alto custo.

O custo de implantação da SG é elevado, mas o custo da ineficiência, do desperdício e da restrição energética é muito mais alto. Dessa forma, cabe ao governo, agente regulador dos setores elétrico e de telecomunicações e demais agentes do setor elétrico, tomarem as devidas ações para tirar o Brasil do “Curto-Circuito” e posicioná-lo rumo a “Potência Máxima”, fornecendo a infraestrutura necessária para suportar o crescimento do país, com tarifas de energia competitivas, para permitir que o Brasil se torne um país desenvolvido junto às maiores potências econômicas mundiais.

Conclui-se, portanto, que o referido questionamento do problema da pesquisa foi respondido com os resultados obtidos através da metodologia adotada e dos cenários elaborados/apresentados.

5.1.1. Quanto a elaboração dos cenários e método empregado

A elaboração dos cenários de difusão da SG no Brasil sob a ótica de especialistas, por meio da *stakeholder analysis* demonstrou ser uma medida eficaz, mas também eficiente, uma vez que sua compreensão por parte dos especialistas não apresentou grande dificuldade. A coleta de dados pela consulta a especialistas também se mostrou eficaz para o levantamento das variáveis do sistema estudado. Esta eficácia, entre outras razões, pode ser atribuída à composição eclética dos especialistas selecionados, já que o total de variáveis distintas que foram levantadas foi quatro vezes superior à média de variáveis obtidas. Esse fato é explicável em função do conhecimento distinto dos especialistas quanto aos diversos aspectos do ambiente estudado.

Por se tratar de um processo participativo e evolutivo, a *stakeholder analysis* permite a confluência do conhecimento dos especialistas e ao mesmo tempo possibilita o entendimento e concordância dos mesmos quanto aos resultados obtidos em cada etapa de entrevistas. Na primeira fase de entrevistas foram obtidas 139 sugestões de *stakeholders*, que

foram consolidadas em 35 variáveis. Essas variáveis foram levadas a segunda fase de entrevistas, a qual possibilitou a seleção das 10 variáveis de maior importância para o sistema em análise. Na última fase de entrevistas, foi possível selecionar as quatro variáveis chave utilizadas para construção dos cenários.

Com relação a fase de classificação das variáveis, em especial quanto ao atributo importância, na segunda rodada de entrevistas aos especialistas, havia antes da pesquisa algumas preocupações, pois suspeitava-se da possibilidade de polarização dos resultados das atribuições de peso desse atributo, dando maior peso às variáveis do setor de atuação do especialista. Entretanto, os resultados finais removeram essa preocupação, pois, justamente nas variáveis que receberam maior valor no quesito “importância”, houve a maior concordância entre os especialistas. Esse foi o caso da variável Distribuidora 1, a qual foi avaliada como sendo a variável de maior importância na concepção de todos os especialistas, independente da área de atuação.

Finalmente as quatro variáveis chave selecionadas para elaboração dos cenários, que foram as variáveis de maior influência e menor dependência do grupo das 10 variáveis elencadas para a rodada final de entrevistas, permitiram a elaboração dos três cenários, tendo como base a variável Governo 1, que foi a única variável de incerteza dentre as selecionadas, e a influência direta que ela exerce sobre a variável Regulador 1 e suas consequências sobre as demais (Distribuidora 1 e Consumidor 2). Dessa forma foram elaborados os três cenários, denominados: i) Potência Máxima; ii) Meia Luz, e; iii) Curto-circuito.

Por fim, cabe destacar que os principais elementos de um cenário, conforme destacam Silva e Santos (2009) são referidos os cinco seguintes:

- Descrição de mudanças no estado da sociedade e do ambiente ao longo do tempo;
- Forças motrizes (*driving forces*) – por ex. população, crescimento econômico, desenvolvimento tecnológico, eficiência energética, etc.;
- Ano base – ponto de partida; dados adequados;
- Horizonte temporal e passo temporal;
- História (*storyline*) – descrição narrativa das principais características de um cenário e da sua relação com as forças motrizes.

Ainda na visão dos autores citados, quanto às características de um bom cenário, há a salientar os seis que constam abaixo:

- Cumprimento dos objetivos do exercício;
- Documentado adequadamente, para que os revisores e utilizadores tenham informação suficiente para compreender os seus pressupostos e mensagem;
- Transparência;
- Ser plausível;
- Dotado de consistência interna;
- Cenário “rico” – desafia as expectativas habituais, acontecimentos pouco prováveis, mas com consequências importantes, não linearidades, surpresas, etc.

Com isso, o método adotado para elaboração dos cenários possibilitou que os mesmos englobassem os principais elementos em sua composição, destacados por Silva e Santos (2009), assim como buscando atender às principais características atribuídas a um bom cenário.

5.1.2. Quanto à pesquisa de campo

A obtenção de sucesso com a aplicação da *stakeholder analysis* na geração de cenários industriais, se deu por alguns fatores essenciais (fatores críticos de sucesso): i) seleção de um grupo de especialistas abrangente e representativo do setor em estudo; ii) direcionamento das análises para cobertura dos pontos mais relevantes do setor em estudo; iii) motivação dos especialistas para assegurar sua participação em todas as etapas de entrevistas, minimizando as desistências ou faltas em alguma etapa, e; iv) prover um canal de comunicação com os especialistas que assegure o entendimento das etapas de entrevistas e a importância da sua participação no processo de pesquisa.

Quanto ao primeiro fator crítico de sucesso, destaca-se que foram convidados a participar desta pesquisa, 12 especialistas ligados a diversos segmentos do setor elétrico brasileiro. Como critério de seleção, considerou-se que estes especialistas deveriam pertencer

a diferentes grupos de *stakeholders* do setor em estudo e, de preferência, exercendo atividades de comando nos grupos a que pertencem, com notório conhecimento do setor de atuação.

A revisão da literatura, que foi realizada sobre inovações e sistemas de informação, entendimento da cadeia de valor do sistema elétrico e os impactos da SG e, as metodologias de projeção de cenários, possibilitou a atuação sobre o segundo fator crítico de sucesso, permitindo o direcionamento das análises para cobertura dos pontos mais relevantes do setor em estudo, evitando a descoberta de lacunas de conhecimento, ao final do processo.

Sobre o terceiro fator crítico de sucesso, para assegurar a adesão dos especialistas a todas as etapas de entrevistas, primeiramente vale destacar que para a seleção dos mesmos foi utilizada a rede de relacionamentos profissional e pessoal do pesquisador, associado a muita interação através de contatos diretos, em encontros pessoais, por telefonemas e intensa troca de e-mails.

Sobre o quarto e último fator crítico de sucesso, para assegurar o entendimento das etapas de entrevista, os formulários de entrevista foram elaborados com o cuidado de serem autoexplicativos, posicionando o entrevistador em cada etapa corrente. Também foi adotada como prática a realização de uma explicação detalhada para cada especialista, via telefone ou pessoalmente, de cada etapa do processo, assim que o formulário de entrevista era enviado.

A atuação direta sobre esses quatro fatores críticos de sucesso, permitiu a conclusão do trabalho com taxa de retorno dos formulários de entrevistas superior a 80% nas três rodadas, e sem a desistência de nenhum dos especialistas previamente selecionados para o processo. Com isso, foi possível a elaboração dos três cenários de tendência de difusão da *Smart Grid* no Brasil, de acordo com a metodologia proposta.

5.1.3. Quanto aos objetivos geral e específicos

Para se atingir os objetivos dessa dissertação, seguiu-se uma sistemática de exploração em três segmentos: revisão bibliográfica, realização de entrevista a especialistas e análise dos resultados da referida pesquisa.

O objetivo geral dessa dissertação foi atendido no capítulo 4 – Apresentação e análise dos resultados, no qual foram apresentados os três cenários elaborados com a tendência de difusão da SG no Brasil, sendo: Cenário 1 – “Potência Máxima”; Cenário 2 – “Meia Luz” e; Cenário 3 – “Curto-circuito”.

A revisão bibliográfica foi apresentada no capítulo 2 dessa dissertação com os temas pertinentes ao objeto de estudo. Tais temas foram imprescindíveis para a execução da pesquisa, para a compreensão do contexto no qual ela se desenvolveu e, principalmente, para análise dos resultados. Na revisão bibliográfica foi possível também cumprir com quatro dos objetivos específicos dessa dissertação (objetivos 1, 4, 5 e 6), conforme apresentado no quadro 11.

No item 2.2 foi possível identificar papéis e responsabilidades de agentes envolvidos na cadeia de produção e consumo de energia elétrica que serão impactados/beneficiados pela SG, que representa o objetivo específico 1. Dessa forma, ficou evidente a importância da atuação coordenada de todos os agentes envolvidos, sendo que o Governo, através do MME, e a ANEEL, são os agentes primordiais para o desenvolvimento da SG, pois precisam estabelecer políticas setoriais e o marco regulatório para acelerar a difusão da SG no país. Outro importante agente responsável pela difusão da SG é a distribuidora de energia elétrica, que precisa desenvolver estratégias de implantação da SG que capture ganhos suficientes para cobrir os seus custos de implantação, através de aumento de produtividade em diversos segmentos e redução de perdas.

Ainda nesse mesmo tópico foi cumprido o objetivo específico 4, no qual foi possível avaliar a cadeia produtiva do sistema elétrico, de forma a identificar os ganhos que podem ser obtidos com a implantação dessa nova tecnologia e se os valores agregados pela SG são suficientes para sua viabilização no Brasil.

Ficou evidente que em função do elevado custo de implantação do SG, para não haver prejuízos para os consumidores e nem para as concessionárias, é fundamental que haja o subsídio, principalmente para a substituição dos medidores de energia por SM. Entretanto, existem ganhos para todos os agentes da cadeia produtiva do sistema elétrico, desde a geração ao consumidor final.

Também no capítulo de revisão bibliográfica no item 2.2.9, foi possível atender ao objetivo específico 5, sendo possível identificar as principais barreiras e pontos de atenção, associados à implantação e gestão da SG, os quais merecem destaque:

- Elevado nível de investimentos requerido;
- Indefinição e incerteza quanto às fontes de financiamento dos investimentos necessários;

- Incerteza política acarretada por mudanças do cenário político que influem na regulação do setor elétrico e nas diretrizes governamentais para desenvolvimento tecnológico do país;
- Indisponibilidade de serviços de comunicação para tão grande volume de enlaces e elevado nível de complexidade de gerenciamento da rede constituída;
- A grande massa de dados a ser coletada, individualmente, pelo centro de operação, demanda protocolos e redes de comunicação altamente indisponíveis em grande parte do país;
- Diretrizes de segurança que deverão ser formuladas para coleta, transmissão, armazenamento e manutenção dos dados de consumo de energia e proteção contra eventuais *hackers*;
- A quantidade de dados e informação irá aumentar exponencialmente, e a correlação desses dados e informações se tornará muito mais complexa;
- Necessidade de implantação de programas de resposta e aceitação dos consumidores à instalação de medidores inteligentes em suas residências;
- Uma variedade de fatores sociais, culturais, econômicos e de regulamentação tem sido alguns dos fatores decisivos para o sucesso da implantação das redes elétricas inteligentes em diversos países e provavelmente, será no Brasil.

Já o item 2.2.8, cumpriu o objetivo específico 6, que buscou identificar potenciais pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório do setor elétrico a fim de apoiar à viabilização da implantação da SG no Brasil, sendo importante destacar que:

- O surgimento da tarifa sensível à demanda, possível a partir da implantação da SG, tem implicações importantes para o desenvolvimento do cenário de energia no futuro, relacionado particularmente com parâmetros socioambientais e metas de confiabilidade/qualidade;
- Em diversos países em que a SG foi implantada, houve o incentivo ou contrapartida de financiamento a fundo perdido, por parte do governo, face ao elevado nível de investimentos necessários para a substituição dos medidores

convencionais por medidores inteligentes, essenciais para viabilização e operacionalização da SG;

- Entretanto a regulamentação do setor elétrico precisa ser reestruturada para assegurar a obtenção dos ganhos e financiamento de recursos, de modo a não haver impacto econômico para o consumidor e distribuidoras, assim como para os demais agentes envolvidos.

No capítulo 3, de apresentação da metodologia, foi possível atender ao objetivo específico 2, o qual previa realizar a projeção de cenários, com a participação de profissionais especialistas de diversas áreas do setor elétrico, sendo que no item 3.2.4, foi apresentada a relação dos especialistas selecionados para participarem da pesquisa, através das entrevistas realizadas. Foram convidados a participar desta pesquisa, 12 especialistas ligados ao setor elétrico brasileiro. Como critério de seleção, considerou-se que estes especialistas devem pertencer a diferentes grupos de *stakeholders* do setor em estudo e que, de preferência, exercessem atividades de comando nos grupos a que pertencem.

Já o objetivo específico 3, o qual previa apresentar uma projeção de tendências que poderá servir de base para definição de ações referentes ao planejamento estratégico e operacional dos diversos agentes envolvidos, foi atendido no capítulo 4, durante a apresentação e análise dos resultados, especificamente no item 4.5, onde foram descritos os cenários elaborados. Esses cenários traçaram diferentes panoramas de difusão da Smart Grid no Brasil em função de comportamentos assumidos pelas variáveis chave: Governo; Regulador; Distribuidora e; Consumidor.

O quadro 11 especifica onde houve o cumprimento do que fora proposto para o objetivo geral e para os objetivos específicos da pesquisa.

Quadro 11 – Localização do cumprimento dos objetivos da pesquisa

NATUREZA DO OBJETIVO	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO NO TRABALHO
Objetivo Geral	Projetar três cenários possíveis no Brasil que representem a transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (<i>Smart Grid</i>)	Capítulo 4 Item 4.5
Objetivo Específico 1	Identificar papéis e responsabilidades de agentes envolvidos na cadeia de produção e consumo de energia elétrica que serão impactados/beneficiados pela SG	Capítulo 2 Item 2.2
Objetivo Específico 2	Realizar a projeção de cenários, com a participação de profissionais especialistas de diversas áreas do setor elétrico	Capítulo 3 Item 3.2.4
Objetivo Específico 3	Apresentar uma projeção de tendências que poderá servir de base para definição de ações referentes ao planejamento estratégico e operacional dos diversos agentes envolvidos	Capítulo 4 Item 4.5
Objetivo Específico 4	Avaliar a cadeia produtiva do sistema elétrico, de forma a identificar os ganhos que podem ser obtidos com a implantação dessa nova tecnologia e se os valores agregados pela SG são suficientes para sua viabilização no Brasil	Capítulo 2 Item 2.2
Objetivo Específico 5	Identificar as principais barreiras e pontos de atenção, associados à implantação e gestão da SG	Capítulo 2 Item 2.2.9
Objetivo Específico 6	Identificar potenciais pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório do setor elétrico a fim de apoiar à viabilização da implantação da SG no Brasil	Capítulo 2 Item 2.2.8

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.4. Quanto aos resultados obtidos (vantagem e limitações dos cenários elaborados)

O método proposto para elaboração dos cenários, através da *stakeholder analysis*, apresentou a importante virtude, conforme já mencionado, de poder ser compreendido pelos participantes do processo, aumentando a credibilidade dos resultados obtidos, perante o seu público. Destaca-se também, que a sua baixa complexidade facilita sua implantação em estudos específicos, e até mesmo, em organizações. Por fim, ressalta-se que, diferente do encontrado na descrição de outros métodos de construção de cenários, o processo de identificação das variáveis chave, é explicitamente demonstrado, possibilitando o seu uso por parte de outros interessados no método.

Vale salientar, todavia, que a aplicação do modelo em outro setor, deverá se adaptar às suas particularidades específicas, como a seleção dos especialistas, definição dos *stakeholders* e tipologia e quantitativo das variáveis envolvidas, mas o processo a ser empregado é exatamente o mesmo.

Uma crítica que pode ser atribuída ao método é a necessidade de proceder-se três rodadas de entrevistas, preferencialmente com os mesmos entrevistados, embora tal procedimento seja comum em outros métodos, a exemplo do Delphi. Além disso, reconhece-se que o número de entrevistas realizadas, 36 ao todo, sendo uma parte delas em profundidade, requer um investimento de custo e tempo não desprezível. É importante destacar também, a dificuldade de obtenção da colaboração dos especialistas por três vezes seguidas para a realização das entrevistas.

Quanto aos três cenários que foram elaborados, os mesmos não possuem a pretensão de predizer o futuro, entretanto, com base em uma metodologia científica que utiliza o conhecimento de um grupo de especialistas do setor em estudo, pretendeu elaborar descrições plausíveis e consistentes de situações futuras possíveis, apresentando os condicionantes do caminho entre a situação atual e cada cenário futuro, destacando fatores relevantes às decisões que precisam ser tomadas (SILVA, SPERS e WRIGHT, 2012; WRIGHT e SPERS, 2006).

Dessa forma, espera-se que o resultado dessa pesquisa possibilite aos gestores organizações e entidades que estão sendo ou serão, de alguma forma, afetadas pela difusão da *Smart Grid* no Brasil, a adoção de posturas ou estratégias para acelerar ou maximizar os ganhos e resultados possíveis, assim como prover ações que minimizem ou anulem os riscos associados a esse processo que envolve diversos agentes distintos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Além das contribuições oferecidas pela pesquisa realizada nessa dissertação, são propostas algumas recomendações de estudos para que a área acadêmica possa explorá-las em pesquisas futuras.

A primeira recomendação sugere a realização da projeção de cenários sobre o referido tema através de outro método, que possua uma abordagem também qualitativa, a fim de comparar os resultados obtidos, principalmente quanto às variáveis obtidas.

A segunda recomendação para trabalhos futuros é para que sejam realizados estudos futuros no meio e ao final do período compreendido no horizonte temporal dos cenários gerados, com intuito de avaliar a evolução real da difusão da SG, vis a vis a projeção de cenários realizada.

A terceira recomendação para trabalhos futuros é para que seja realizado um estudo quantitativo para avaliar a viabilidade econômico-financeira de implantação da SG em regiões delimitadas e a nível nacional.

A quarta e última recomendação é para que sejam realizados em trabalhos futuros levantamentos sobre segmentos específicos da cadeia da SG, como por exemplo, os medidores inteligentes, ferramentas de BI (*Business Intelligence*) necessárias para gerar informações gerenciais através dos dados obtidos de toda cadeia da SG, segurança da informação e sistemas de telecomunicação de dados. E, dessa forma, avaliar a possibilidade de existência de gargalos que possam comprometer a implantação e difusão da SG no Brasil.

Espera-se que este trabalho tenha dado contribuições importantes para os diversos segmentos do Setor Elétrico Brasileiro, no sentido de prover informações aos gestores, administradores e representantes do Governo, assim como os consumidores de energia elétrica, a desenvolverem melhoria em seus processos, de modo a obter os ganhos possíveis com a implantação da SG no país.

O autor considera que, do ponto de vista acadêmico, os resultados da pesquisa demonstraram que os objetivos foram atingidos.

REFERÊNCIAS

ABRADEE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Visão geral do setor elétrico**. Disponível em <<http://www.abradee.org.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 21 de jan. de 2013, 15:35:00.

AGUILAR, F.J. **Scanning the business environment**. New York: The Macmillan Company, 1967.

AL-ALI, A. R.; EL-HAG, Ayman; BAHADIRI, Mujib; HARBAJI, Mustafa; HAJ, Yousef Ali El. **Smart Home Renewable Energy Management System**. Energy Procedia v.12, 2011.

ALBUQUERQUE, Nestor Nogueira de. **Projeção e Análise de Cenários e Mini-cenários. Ferramentas Aplicadas em Planejamento Estratégico: Coloque em Prática as Técnicas mais Aplicadas para Definir e Alcançar Metas - Módulo 6**, 2006. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/producao-academica/projecao-e-analise-de-cenarios-e-mini-cenarios/443/>>. Acesso em: 25Jun. 2012, 22:45:00.

ARAÚJO, Arthur Nóbrega B. de; FERNANDES, Helton Tadeu P.; GOMES, João Paulo Bernardo da S.; MORAIS, Adriano Varella de; QUEIROZ, Jamerson Viegas; VASCONCELOS, Natália Veloso Caldas de. **Gestão da informação e o sistema Smart Grid: um estudo de caso da UFRN**. XI Colóquio Internacional Sobre Gestão Universitária na América do Sul. II Congresso Internacional IGLU. Florianópolis, 2011.

AYRES, R. U.; AXTELL, R. **Foresight as a survival characteristic: when (if ever) does the long view pay?** Technological Forecasting and Social Change, Portland, v. 51, p. 209-35, Mar. 1996.

BATTAGLINI, Antonella; LILLIESTAM, Johan; HAAS, Armin, PATT, Anthony. **Development of SuperSmart Grids for a more efficient utilisation of electricity from renewable sources**. Journal of Cleaner Production v.17, 2009.

BIACHINI, David. **Cenários Prospectivos: uma rápida abordagem**. 2007. Disponível em: <<http://docentes.puc-campinas.edu.br/ceatec/davidb/abertura/SISCOM/CENARIOS%20PROSPECTIVOS.ppt>>. Acesso em: 10 Jul. 2012, 10:15:00

BLOIS, Henrique Dias. **Proposta de um modelo de integração entre cenários prospectivos e a dinâmica de sistemas através de uma agência de desenvolvimento para o setor calçadista**. Tese apresentada no PPGEF na UFSC. Florianópolis, SC 2006.

BLUMSACK, Seth; FERNANDEZ, Alisha. **Ready or not, here comes the smart grid!** Energy v.37, 2012.

BOAVENTURA, João Maurício Gama. **Um modelo para validar e aprimorar a visão de futuro: um estudo no setor de automação comercial**. Tese de Doutorado. São Paulo: FEA-USP, 2003.

BOAVENTURA, J. M. G.; COSTA, B. K.; FISCHMANN, A. A. **Cenários: Metodologias e Métodos de Construção**. In: COSTA, B. K.; ALMEIDA, M. I. R. de (Org.) *Estratégia – Direcionando Negócios e Organizações*. São Paulo: Altas, 2005.

BOAVENTURA, J. M. G.; FISCHMANN, A. A. **Um método para cenários empregando stakeholder analysis**: um estudo no setor de automação comercial. *Revista de Administração da USP*, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 141-154, abr.mai.-jun., 2007.

BRADFIELD, Ron; WRIGHT, George; BURT, George; CAIRNS, George; HEIJDEN, Kess Van Der. **The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning**. *Futures*. v. 37, n. 8, p. 795-812, oct. 2005.

BUARQUE, S. C., **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais**. IPEA, Textos para discussão, São Paulo. fev. 2003.

COATES, J. F. **Scenario planning. Technological Forecasting and Social Chang**. Nova York, v. 65, n.1, p. 115-123, set. 2000.

COSTA, Helena Araújo; NASCIMENTO, Elimar. **Cenários para o turismo no Brasil 2007-2010**: análise da consistência metodológica e plausibilidade dos cenários, Caderno Virtual de Turismo, vol. 7, nº 3. 2007. Disponível em: <www.ivt.coppe.ufrj.br/caderno/ojs/include/getdoc.php>. Acesso em: 10 Abr 2012, 18:22:00

CLASTRES, Cédric. **Smart grids**: Another step towards competition, energy security and climate change objectives. *Energy Policy* v. 39, 2011.

DAVIS, G. **Creating Scenarios for Your Company's Future**, Shell International, The 1998 Conference on Corporate Environmental, Health, and Safety Excellence – Bringing Sustainable Development Down to Earth. New York/NY, 1998.

DAVIS, G. **Questioning Assumptions**: Exploring Alternative Business Futures, Swedbank Conference, Stockholm, 2002.

DEPURU, Soma Shekara Sreenadh Reddy, WANG, Lingfeng, DEVABHAKTUNI, Vijay. **Smart meters for power grid**: Challenges, issues, advantages and status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 2011.

DRUCKER, Peter F. **Inovação e Espírito Empreendedor - Entrepreneurship**. São Paulo: Editora Pioneira, 1987.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2012**: Ano base 2011 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2012a.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2012**. Rio de Janeiro: EPE, 2012b.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 / Ministério de Minas e Energia**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2012c.

FAHEY, L.; RANDALL, R. M. **Learning from the future – Competitive foresight scenarios**. New York: Wiley, 1998.

FALCÃO, Djalma M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid**. III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE/2010), 2010.

FREEMAN, R.E. **Strategic management: a stakeholder approach**. Boston: Pitman, 1984.

FREEMAN, R. Edward; PHILIPS, Robert A. **Stakeholder theory: a libertarian defense**. Business Ethics Quarterly, v. 12, n. 3, p. 331-349, 2002.

GAMA, Kiev; ALVARO, Alexandre; PEIXOTO, Eduardo. **Em direção a um modelo de maturidade tecnológica para cidades inteligentes**. VIII Simpósio Brasileiro de Informação (SBSI 2012). 2012.

GARRIDO, João. **Sistemas Energéticos para o Sector Edifícios em Portugal: Sustentabilidade e Potencial de Inovação**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Universidade Nova Lisboa, 2008.

GCCI-US (Global Climate Changes Impacts in the United States), Cambridge, U.S. **Global Change Program**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2009.

GEORGANTZAS, Nicholas C.; ACAR, William. **Scenario-driven planning: learning to manage strategic uncertainty**. Westport, Connecticut: Quorum Books, 1995.

GEUS, Arie P. de. **Planning as learning**. Harvard Business Review, Boston, v.66, n.2, p.70-74, Mar./Apr. 1988.

GIORDANO, Vincenzo, FULLI, Gianluca. **A business case for Smart Grid technologies: A systemic perspective**. Energy Policy 40, 2012.

GONÇALVES, Paulo Cesar; BOAVENTURA, João Maurício Gama; COSTA, Benny Kramer; FISCHMANN, Adalberto Américo. **Desenvolvimento de cenários: Um exercício no setor hospitalar no estado de São Paulo – Brasil**. Revista Alcance - Eletrônica, Vol. 18 - n. 04 - p. 448-465 - out./dez. 2011.

HUSS, William R.; HONTON, Edward J. **Scenario planning: what style should you use?** Long Range Planning, v. 20, n. 4, p. 21-29, 1987.

GODET, M. **The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls**. Technological Forecasting and Social Chang. Nova York, v. 65, n.1, p. 3-22, set. 2000a.

GODET, Michel. **The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls**. Technological Forecasting and Social Change, vol.65, p.3-22, 2000b.

GODET, Michel. **A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica**. Lisboa: CEPES, 2000c.

GODET, Michel. & ROUBELAT, Fabrice. **Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios**. Long Range Planning, vol.29, n.2, p.164-171, 1996.

GOMES, R. C., PRINTES, A. L., RAMOS, C. M. **Proposta de Sistema com Arquitetura para Implementação de uma Smart Grid na Rede de Distribuição de Baixa Tensão**. III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE/2010), 2010.

GONÇALVES, Marcos Rogério; GOUVEIA, Sônia Mara; PETINARI, Valdinéia Sonia. **A informação como produto de alto valor no mundo dos negócios**. CRB-8 Digital, São Paulo, v.1, n.1, p. 43-54. 2008.

GRUMBACH, R J Santos. **Prospectiva: a chave para o planejamento estratégico**. Catau. Rio de Janeiro. 1997.

HASHMI, M.; HÄNNINEN, S.; MÄKI, K. **Survey of Smart Grid Concepts, Architectures, and Technological Demonstrations Worldwide**. Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America), 2011.

HEIJDEN, K. Van der. **Planejamento por Cenários: arte da conversação estratégica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOU, Hui, ZHOU, Jianzhong, HE, Xionghai. **A Brief Analysis on Differences of Risk Assessment between Smart Grid and Traditional Power Grid**. Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), 2011 Fourth International Symposium on, 2011.

JOHNSON, Anthony P. **The History of the Smart Grid Evolution at Southern California Edison**. Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2010.

JUVENAL, H. de. **A brief methodological guide to scenario building. Technological Forecasting and Social Chang**. Nova York, v. 65, n.1, p. 37-48, set. 2000.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 14 ed. Petropolis: Vozes, 1997.

KRISHNAMURTI, Tamar, SCHWARTZ, Daniel, DAVIS, Alexander, FISCHHOFF, Baruch, BRUIN, Wändi Bruine de, LAVE, Lester, WANGA, Jack. **Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters**. Energy Policy 41, 2012.

LI, Qilin, ZHOU, Mingtian. **The Future-Oriented Grid-Smart Grid**. Journal of Computers, Vol. 6, Nº 1, 2011.

MARCIAL, Elaine Coutinho; GRUMBACH, Raul José dos Santos. **Cenários Prospectivos: como construir um futuro melhor**. 4ª ed. Editora FVG. Rio de Janeiro, 2004.

MARRONI, M. A. de; LAKATOS, E. V. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas 2008.

MASON, David H. **Scenario-based planning**: decision model for the learning organization, vol. 22, mar/apr, 1994.

MASON, David H.; HERMAN, James. **Scenarios and strategies**: making the scenario about the business. *Strategy & Leadership*, vol. 31, nº 1, p. 23-31, 2003.

MASON, Richard O.; MITROFF, Ian I. **Assumptions of majestic metals**: strategy through dialectics. *California Management Review*, Berkeley, USA, v.21, n.2, p.80-88, Winter 1979.

MERCER, David. **Simpler scenarios**. *Management Decisions*, vol. 33, n. 4, p.32-40, 1995.

MILLETT, Stephen M. **Battelle's scenario analysis of an european high-tech market**. *Planning Review*, v. 20, n. 2, p. 20-24, 1992.

MITROFF, Ian I.; EMSHOFF, J. R. **On strategic assumption-making: a dialectical approach to policy and planning**. *The Academy of Management Review*, vol. 4, n. 1, p. 1-12, 1979.

MITROFF, Ian I.; LINSTONE, Harold A. **The unbounded mind**: breaking the chains of traditional business thinking. New York: Oxford University Press, 1993.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra. **Delineando o valor do sistema de informação de uma organização**. *Ciência da Informação on Line*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 14-24, 2000.

NAIR, Nirmal-Kumar C.; ZHANG Lixi. **SmartGrid: Future networks for New Zealand power systems incorporating distributed generation**. *Energy Policy* 37, 2009.

O'Brien, F. A. **Scenario Planning – lessons for practice from teaching and learning**. *European Journal of Operational Research* 152, p. 709-722, (2004).

OLIVEIRA, Djalma P. R. **Planejamento Estratégico**. São Paulo, Editora Atlas, 2001.

OTA, Yutaka; TANIGUCHI, Haruhito; NAKAJIMA, Tatsuhito; LIYANAGE, Kithsiri M.; BABA, Jumpei; YOKOYAMA, Akihiko. **Autonomous Distributed V2G (Vehicle-to-Grid) Satisfying Scheduled Charging**. *Smart Grid, IEEE Transactions V. 3* Ed. 1, 2012.

PASCALICCHIO, Agostinho Celso. **Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil**. Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva**: Criando e Sustentando um Desempenho Superior, Rio de Janeiro, Campus, 1989.

PORTER, Michael. **Vantagem competitiva**. 12. Ed. São Paulo: Campus, 1998.

PORTO, Claudio. **Por que e como explorar futuros**. Publicações Macroplan, Rio de Janeiro, 2006.

RINGLAND, Gil. **Scenarios in business**. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 1998.

ROCHA, Henrique Martins; OLIVEIRA, Uálison Rébula. **Cenários prospectivos para o gerenciamento de riscos e incertezas**: uma ferramenta a ser explorada pelas organizações, XIII SIMPEP - Bauru, São Paulo, Brasil, 6 a 8 de Novembro, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/22.pdf> Acesso em: 10 Jan 2012, 09:42:00.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 20 ed. Ver. e ampl. São Paulo: Cortez, 1996.

SCHRIEFER A. **Getting the most out of scenarios** Dadvice from the experts. Plann Rev; 23(5)September- October:33- 5, 1995.

SCHWARTZ, Peter. **A arte da visão de longo prazo**: planejando o futuro em um mundo de incertezas. São Paulo: Best Seller, 2000.

SCHIERMEIER, Q., **Extreme measures**. Nature, vol. 477, September, 2011.

SCHOEMAKER. Paul J. H. **Multiple Scenario Development**: Its Conceptual and Behavioral Foundation. Strategic Management Journal, vol.14, p.193-213, 1993.

SCHOEMAKER, P. J. H. **Scenario Planning**: A tool for strategic thinking. Sloan Management Review, Boston, v. 36, n. 2, p. 25-40. Winter, 1995.

SHELL INTERNATIONAL (2001). **People and Connections – Global Scenarios to 2020 – Public Summary**. Global Business Environment, London: Shell International Limited

SHELL INTERNATIONAL (2003). **Scenarios**: An Explorer's Guide, Exploring the Future, London: Shell International Limited.

SILVA, Antônio Thiago Benedete da; SPERS, Renata Giovinazzo; WRIGHT, James Terence Coulter. **A elaboração de Cenários na Gestão Estratégica das Organizações**: Um estudo bibliográfico. Revista Ciências da Administração v. 14, n. 32, p. 21-34, abr 2012.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1996.

SILVA, Ricardo Moreira da; SANTOS João Luiz Fonseca da. **A incorporação da imaterialidade humana na construção de cenários**. In Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador, BA. Anais, Salvador: ABEPRO, 2009.

SOUZA, Gustavo Batista de Castro; DEUS, Getúlio Antero de, Júnior. **Tecnologias de comunicação e aplicações em Smart Grid**. Escola de Engenharia e de Computação, Universidade Federal de Goiás, 2011.

SWIECH, Cecilia; MATOS, Eloiza Aparecida de Ávila, OLIVEIRA, Ana Cláudia de (UTFPR). **A trilogia para construção de cenários prospectivos**: Gestão do conhecimento, gestão da inovação e transferência de tecnologia - I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, PR, Brasil, 30/11, 01 a 02 de dezembro 2011.

TANAKA, Kenichi, YOZA, Akihiro, OGIMI, Kazuki, YONA, Atsushi, SENJYU, Tomonobu, FUNABASHI, Toshihisa. **Optimal operation of DC smart house system by controllable loads based on smart grid topology**. Renewable Energy 39, 2012.

TILLEY, Fiona; FULLER, Ted. **Foresighting methods and their role in researching small firms and sustainability**. Futures, London, v. 32, n. 2, p. 149-161, Mar. 2000.

WEISS, Joseph W. **Business ethics: a stakeholder and issues management approach**. 2nd ed. Forth Worth, Texas: Dryden Press, 1998.

WILSON, Ian H. **Mental maps of the future: an intuitive logics approach to scenarios**. In: FAHEY, Liam; RANDALL, R. M. Learning from the future. New York: John Wiley & Sons, 1998.

WILSON, Ian. **From scenario thinking to strategic action**. Technological Forecasting and Social Change, Portland, v.65, n.1, p.23-29, Sept. 2000.

WISSNER, Matthias. **The Smart Grid – A saucerful of secrets?** Applied Energy 88, 2011.

WOOD, Donna J. **Business and society**. Pittsburgh: Harper Collins, 1990.

WRIGHT, James Terence Coulter; SPERS, R. G. **O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 20, n. 56, p 13-28, jan.-abr. 2006.

ZAHEDI, Ahmad. **Smart Grid: Opportunities & Challenges for Power Industry to Manage the Grid more efficiently**. APPEEC 2011 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 25-28 March 2011, Wuhan, China, 2011.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DA PRIMEIRA RODADA DE ENTREVISTAS

Quadro 12 – Ficha de introdução do questionário da primeira rodada de entrevistas

	Universidade Federal da Paraíba - UFPB Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção	FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	DEFINIR STAKEHOLDERS (PASSO 1/2)	DEFINIR INFLUÊNCIA (PASSO 2/2)
	Redes elétricas inteligentes (<i>Smart Grid</i>): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas Mestrando: Stevon Schettino Contatos: e-mail: stevon@energisa.com.br - telefones: (83) 9116 4390 / (83) 2106 7157 Favor habilitar Macros!			
INTRODUÇÃO: O objetivo geral desse trabalho de dissertação é projetar possíveis cenários no Brasil e avaliar os benefícios e desafios da transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (<i>Smart Grid</i>). Para isso, será necessário: - Identificar papéis e responsabilidades; - Avaliar os ganhos na cadeia produtiva do sistema elétrico; - Avaliar os riscos e pontos de atenção da implantação; - Identificar os pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório, frente ao verificado em outros países. O método selecionado para projeção de cenários é o GBN – Global Business Network, descrito por Peter Schwartz, apoiado na Lógica Indutiva e abordagem Qualitativa. O processo adotado para geração das variáveis será a Stakeholder Analysis proposto por Boaventura e Fischmann (2007). Nesta etapa é que será necessária a realização das entrevistas (através do preenchimento dos questionários), que se dará em três etapas, conforme segue: i) <u>Primeira Etapa</u> - Identificação dos stakeholders do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo: esta etapa identifica por meio de entrevistas em profundidade com profissionais do setor, quais são os stakeholders do setor e quais variáveis de influência são originadas por esses stakeholders e por elementos do macroambiente. (Etapa atual!) ii) <u>Segunda Etapa</u> - Qualificação de importância e incerteza: o objetivo é a qualificação das variáveis identificadas na fase anterior em relação a dois atributos: sua importância e sua incerteza. Esta qualificação é obtida com uma segunda rodada de entrevistas com os especialistas que deverão atribuir conceitos às variáveis identificadas na fase anterior, seguindo uma escala pré-estipulada. (Etapa futura!) iii) <u>Terceira Etapa</u> - Identificação das variáveis chave: o objetivo desta fase é a identificação das variáveis chave do setor. Para tanto, os especialistas deverão atribuir conceitos em relação à importância e dependência das variáveis selecionadas na fase anterior. (Etapa futura!) Quanto ao dimensionamento do trabalho/tempo de cada etapa, desta-se que a primeira etapa é mais conceitual e teórica, sendo necessária uma compreensão e análise do segmento a ser estudado, demandando um pouco mais de tempo para seu desenvolvimento. A segunda etapa será mais rápida das três etapas, pois vai constituir apenas em graduar as variáveis identificadas na primeira etapa, em termo de importância e incerteza (utilizando uma escala pré definida). Já na terceira e última etapa, as variáveis resultantes serão comparadas duas a duas para identificação do grau de dependência entre as mesmas. As três etapas ocorrerão em ocasiões distintas e seriadas, sendo que utilizarão como apoio formulários auto explicativos desenvolvidos em MS Excel. Ainda assim a interação direta com o entrevistador (mestrando) não está descartada e poderá ocorrer a qualquer instante, caso necessário. O preenchimento desse questionário será realizado através de dois formulários, sequenciais que podem ser acessados utilizando os botões de atalhos (macros) situados no canto superior direito de cada formulário e/ou acessando diretamente as abas de navegação no canto inferior esquerdo. Para utilização das macros é necessário que esse recurso seja habilitado. Inicialmente será solicitado o preenchimento dos dados de identificação do participante para em seguida serem definidos os stakeholders (passo 1 de 2) e definida a influência exercida por cada um (passo 2 de 2). Agradeço pelo apoio! Stevon Schettino				

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 13 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da primeira rodada de entrevistas

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE		INTRODUÇÃO	DEFINIR STAKEHOLDERS (PASSO 1/2)	DEFINIR INFLUÊNCIA (PASSO 2/2)
Favor habilitar Macros!				
NOME COMPLETO:				
EMPRESA:				
CARGO:				
ÁREA DE ATUAÇÃO:				
FORMAÇÃO ACADÊMICA:				
FORMAÇÃO COMPLEMENTAR:				
TELEFONE DE CONTATO:				
E-MAIL:				
OBSERVAÇÕES:				

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 14 – Ficha de validação dos *stakeholders*, do questionário da primeira rodada de entrevistas

Redes elétricas inteligentes (Smart Grid): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas			INTRODUÇÃO	DEFINIR INFLUÊNCIA (PASSO 2/2)
Passo 1/2: VALIDAÇÃO DOS STAKEHOLDERS - Nesta etapa é necessário que os stakeholders relacionados a Smart Grid previamente apresentados sejam validados, selecionando "MANTER" ou "EXCLUIR", podendo incluir novos stakeholders ao final da lista. Eventual observação ou consideração pode ser descrita no campo relacionado. Em seguida deve-se selecionar a caixa acima "DEFINIR INFLUÊNCIA (PRÓXIMO 2/2)" para descrever a influência exercida pelo Stakeholder e finalizar a entrevista.				
STAKEHOLDER	MANTER / EXCLUIR	CONSIDERAÇÕES/OBSERVAÇÕES (SE HOUVER)		
1 Indústria de Equipamentos de Medição (Smart Meeters)	MANTER	▼		
2 Indústria de Equipamentos de Geração Renovável (eólica, solar, etc.)	EXCLUIR	▼		
3 Indústria de Acumuladores de Energia (Baterias)		▼		
4 Indústria Automobilística (Veículos Elétricos)		▼		
5 Instituições de Pesquisa		▼		
6 Ministério de Minas e Energia		▼		
7 ANEEL		▼		
8 ANATEL		▼		
9 Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica		▼		
10 Empresas de Geração de Energia Elétrica		▼		
11 Empresas de Transmissão de Energia Elétrica		▼		
12 Comercializadoras de Energia Elétrica		▼		
13 Consumidores de Energia Elétrica		▼		
14 Associações e Federações Setoriais (ABRADEE, ...)		▼		
15 Sindicatos		▼		
16 Instituições Financeiras		▼		
17 Operador Nacional do Sistema (ONS)		▼		
18		▼		
19		▼		
20		▼		

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 15 – Ficha de avaliação da influência dos *stakeholders*, do questionário da primeira rodada de entrevistas

Redes elétricas inteligentes (*Smart Grid*):
Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas

INTRODUÇÃO

DEFINIR STAKEHOLDERS
(PASSO 1/2)

Passo 2/2: INFLUÊNCIA DOS STAKEHOLDERS - Nesta etapa é necessário definir qual a influência, relativa ao Smart Grid, pode ser exercida por cada stakeholders, podendo incluir mais de uma influência por stakeholders (somente estarão disponíveis os stakeholders mantidos no passo anterior). Deve-se indicar como o stakeholder pode alterar o contexto da implantação e/ou difusão da Smart Grid no Brasil. O detalhamento ou consideração pode ser incluída no campo relacionado.

STAKEHOLDER	INFLUÊNCIA EXERCIDA PELO STAKEHOLDER NO CONTEXTO DA IMPLANTAÇÃO DA SMART GRID	DETALHAMENTO/CONSIDERAÇÕES
1 - Indústria de Equipamentos de Medição (Smart Meeters)	▼ Custo do medidor eletrônico (smart meeter)	O desenvolvimento de medidores eletrônicos inteligentes mais barato auxilia na viabilização de sua implantação
1 - Indústria de Equipamentos de Medição (Smart Meeters)	▼ Padronização de protocolos de comunicação dos medidores inteligentes	Essa padronização do protocolo facilita a integração com outros equipamentos e a transmissão/recepção dos dados
1 - Indústria de Equipamentos de Medição (Smart Meeters)	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	
	▼	

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – FORMULÁRIO DA SEGUNDA RODADA DE ENTREVISTAS

Quadro 16 – Ficha de introdução do questionário da segunda rodada de entrevistas

	Universidade Federal da Paraíba - UFPB Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção	FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	DEFINIR IMPORTÂNCIA E INCERTEZA (PASSO 1/1)
Redes elétricas inteligentes (<i>Smart Grid</i>): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas			
Mestrando: Stevon Schettino Contatos: e-mail: stevon@energisa.com.br - telefones: (83) 9116 4390 / (83) 2106 7157 Favor habilitar Macros!			
INTRODUÇÃO: O objetivo geral desse trabalho de dissertação é projetar possíveis cenários no Brasil e avaliar os benefícios e desafios da transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (<i>Smart Grid</i>). Para isso, será necessário: - Identificar papéis e responsabilidades; - Avaliar os ganhos na cadeia produtiva do sistema elétrico; - Avaliar os riscos e pontos de atenção da implantação; - Identificar os pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório, frente ao verificado em outros países. O método selecionado para projeção de cenários é o GBN – Global Business Network, descrito por Peter Schwartz, apoiado na Lógica Indutiva e abordagem Qualitativa. O processo adotado para geração das variáveis será a Stakeholder Analysis proposto por Boaventura e Fischmann (2007). Nesta etapa é que será necessária a realização das entrevistas (através do preenchimento dos questionários), que se dará em três etapas, conforme segue: i) <u>Primeira Etapa</u> - Identificação dos stakeholders do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo: esta etapa identifica por meio de entrevistas em profundidade com profissionais do setor, quais são os stakeholders do setor e quais variáveis de influência são originadas por esses stakeholders e por elementos do macroambiente. (Etapa já realizada!) ii) <u>Segunda Etapa</u> - Qualificação de importância e incerteza: o objetivo é a qualificação das variáveis identificadas na fase anterior em relação a dois atributos: sua importância e sua incerteza. Esta qualificação é obtida com uma segunda rodada de entrevistas com os especialistas que deverão atribuir conceitos às variáveis identificadas na fase anterior, seguindo uma escala pré-estipulada. (Etapa atual!) iii) <u>Terceira Etapa</u> - Identificação das variáveis chave: o objetivo desta fase é a identificação das variáveis chave do setor. Para tanto, os especialistas deverão atribuir conceitos em relação à importância e dependência das variáveis selecionadas na fase anterior. (Etapa futura!) Quanto ao dimensionamento do trabalho/tempo de cada etapa, desta-se que a primeira etapa é mais conceitual e teórica, sendo necessária uma compreensão e análise do segmento a ser estudado, demandando um pouco mais de tempo para seu desenvolvimento. A segunda etapa será mais rápida das três etapas, pois vai constituir apenas em graduar as variáveis identificadas na primeira etapa, em termo de importância e incerteza (utilizando uma escala pré definida). Já na terceira e última etapa, as variáveis resultantes serão comparadas duas a duas para identificação do grau de dependência entre as mesmas. As três etapas ocorrerão em ocasiões distintas e seriadas, sendo que utilizarão como apoio formulários auto explicativos desenvolvidos em MS Excel. Ainda assim a interação direta com o entrevistador (mestrando) não está descartada e poderá ocorrer a qualquer instante, caso necessário. O preenchimento desse questionário será realizado através de formulário único, que pode ser acessado utilizando os botões de atalhos (macros) situados no canto superior direito do formulário e/ou acessando diretamente as abas de navegação no canto inferior esquerdo. Para utilização das macros é necessário que esse recurso seja habilitado. Será solicitada a avaliação de cada variável em termos de sua importância e nível de incerteza, conforme escala definida (usando box/drop down na coluna a frente das variáveis). Agradeço novamente pelo apoio! Stevon Schettino			

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 17 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da segunda rodada de entrevistas

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE		INTRODUÇÃO	DEFINIR IMPORTÂNCIA E INCERTEZA (PASSO 1/1)
Favor habilitar Macros!			
NOME COMPLETO:			
EMPRESA:			
CARGO:			
ÁREA DE ATUAÇÃO:			
FORMAÇÃO ACADÊMICA:			
FORMAÇÃO COMPLEMENTAR:			
TELEFONE DE CONTATO:			
E-MAIL:			
OBSERVAÇÕES:			

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 18 – Ficha de avaliação da importância e incerteza das variáveis, do questionário da segunda rodada de entrevistas

Redes elétricas inteligentes (<i>Smart Grid</i>): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas						INTRODUÇÃO
Passo 11: QUALIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E INCERTEZA DAS VARIÁVEIS - Nesta etapa é necessário definir para cada variável apresentada, qual o nível de importância dessas variáveis para o setor de Smart Grid e qual o nível de incerteza dessas variáveis. Essas variáveis foram consolidadas a partir dos dados/resultados da primeira entrevista.						
VARIÁVEL	DETALHAMENTO	IMPORTÂNCIA DA OCORRÊNCIA		INCERTEZA DA OCORRÊNCIA		
		Qualificação da importância das variáveis Selecione uma opção (nível de importância da variável) dentro do "Box/Drop Down"		Qualificação da incerteza das variáveis Selecione uma opção (nível de incerteza da variável) dentro do "Box/Drop Down"		
1 Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do Smart Meeter (medidor eletrônico inteligente)	Variável de média importância no ambiente	▼	Variável de média incerteza (é provável)	▼	
2 Indústria 2	O desenvolvimento da indústria de Smart Meeters influencia a definição de protocolos de comunicação	Variável de muito baixa importância no ambiente	▼	Variável de alta incerteza (é totalmente incerto)	▼	
3 Indústria 3	Para viabilização dos Smart Meeters a indústria de medidores exercem influência para utilização dos medidores Multitilities (energia, água, gás, etc)		▼		▼	
4 Indústria 4	A expansão e consolidação da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia o desenvolvimento de normas técnicas de conexão de geração distribuída		▼		▼	
5 Indústria 5	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída resultará na padronização de "Kits de Microgeração" (solar e eólica) Plug and Play		▼		▼	
6 Indústria 6	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída forçam a redução dos preços dos microgeradores		▼		▼	
7 Indústria 7	O desenvolvimento da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia a elaboração de uma regulamentação favorável à cogeração		▼		▼	
8 Indústria 8	O desenvolvimento da indústria de acumuladores de energia força a redução dos preços das baterias de alto desempenho		▼		▼	
9 Indústria 9	O desenvolvimento da indústria de acumuladores de energia resultará na evolução tecnológica das baterias		▼		▼	
10 Indústria 10	O desenvolvimento da indústria de equipamentos elétricos resultará no desenvolvimento de tecnologias para controle de despacho da energia gerada/acumulada		▼		▼	
11 Indústria 11	Os problemas ambientais do tratamento dos resíduos das baterias forçam a reciclagem desses produtos		▼		▼	
12 Indústria 12	A expansão da quantidade de veículos elétricos possibilita o surgimento dos terminais de recarga		▼		▼	
13 Indústria 13	A penetração de veículos elétricos no mercado força a redução do seu preço		▼		▼	
14 Pesquisa 1	O desenvolvimento de algoritmos de otimização e de rotinas tratamento de dados resultará na melhoria da informação e otimização da rede (dados e energia)		▼		▼	
15 Governo 1	O MME prioriza e define políticas de planejamento setorial com metas e prazos para implantação da Smart Grid		▼		▼	
16 Governo 2	O MME influencia e define políticas de fomento para implantação da Smart Grid		▼		▼	
17 Governo 3	O MME influencia e desenvolve uma concientização da sociedade quanto a importância da Smart Grid		▼		▼	
18 Regulador 1	A expansão da Smart Grid pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de energia)		▼		▼	
19 Regulador 2	A expansão da Smart Grid pressiona o desenvolvimento do marco regulatório (setor de Telecomunicação)		▼		▼	
20 Regulador 3	A influência da ANATEL sobre a regulamentação do setor pressiona a redução dos preços dos serviços de Telecomunicação		▼		▼	
21 Distribuidora 1	A evolução e difusão da Smart Grid resultará em aumento de produtividade das distribuidoras		▼		▼	
22 Distribuidora 2	As empresas do setor elétrico priorizaram recursos destinados a P&D para desenvolvimento e domínio da tecnologia necessária ao Smart Grid		▼		▼	
23 Distribuidora 3	Os ganhos obtidos pelas distribuidoras com a Smart Grid resultarão em redução da tarifa de energia elétrica		▼		▼	
24 Comercializadora 1	O aumento do número de conexões de pequenos geradores à rede resultará na necessidade das comercializadoras de energia atuarem no mercado de " varejo"		▼		▼	
25 Consumidor 1	A possibilidade de gestão da demanda pelo próprio consumidor resultará em torná-lo um agente ativo no setor elétrico		▼		▼	
26 Consumidor 2	A implantação da tarifa horossazonal para os consumidores atendidos em baixa tensão (tarifa branca) possibilitará a gestão da demanda e redução dos gastos com energia elétrica		▼		▼	
27 Consumidor 3	Os consumidores se tornarão "Prosumidores" (consumidor e produtor) através da possibilidade de instalar micro geração local		▼		▼	
28 Associações 1	As associações e federações setoriais influenciam o Regulador a desenvolver políticas setoriais favoráveis à implantação da Smart Grid		▼		▼	
29 Associações 2	As associações e federações setoriais influenciam os consumidores e demais stakeholders ao desenvolvimento de uma cultura favorável à implantação da Smart Grid		▼		▼	
30 Sindicato 1	Os sindicatos influenciam a definição de políticas setoriais em prol dos direitos dos trabalhadores do setor elétrico		▼		▼	
31 Bancos 1	A redução dos custos de financiamento contribui para a viabilização da implantação da Smart Grid		▼		▼	
32 Indústria 14	A evolução dos equipamentos inteligentes (eletroeletrônicos) preciona o desenvolvimento da Smart Grid para viabilizar sua operação integrada ao Grid (automação residencial)		▼		▼	
33 Capacitação 1	A evolução tecnológica advinda com a Smart Grid resultará na necessidade de formação de mão de obra capacitada nas diversas áreas de conhecimento que envolve a nova tecnologia		▼		▼	
34 Regulador 4	O Órgão Regulador pressiona a indústria quanto a necessidade de homologação junto ao INMETRO dos principais equipamentos utilizados na Smart Grid		▼		▼	
35 Jurídico 1	O Judiciário proporcionará o apoio legal necessário ao combate das perdas não técnicas		▼		▼	

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C – FORMULÁRIO DA TERCEIRA RODADA DE ENTREVISTAS

Quadro 19 – Ficha de introdução do questionário da terceira rodada de entrevistas

	Universidade Federal da Paraíba - UFPB Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção	FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE (PASSO 1/1)
	Redes elétricas inteligentes (Smart Grid): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas		
Mestrando: Stevon Schettino Contatos: e-mail: stevon@energisa.com.br - telefones: (83) 9116 4390 / (83) 2106 7157			
Favor habilitar Macros!			
INTRODUÇÃO:			
O objetivo geral desse trabalho de dissertação é projetar possíveis cenários no Brasil e avaliar os benefícios e desafios da transformação da rede elétrica atual para uma rede elétrica inteligente (<i>Smart Grid</i>). Para isso, será necessário: - Identificar papéis e responsabilidades; - Avaliar os ganhos na cadeia produtiva do sistema elétrico; - Avaliar os riscos e pontos de atenção da implantação; - Identificar os pontos de melhoria/adequação no marco legal regulatório, frente ao verificado em outros países. O método selecionado para projeção de cenários é o GBN – Global Business Network, descrito por Peter Schwartz, apoiado na Lógica Indutiva e abordagem Qualitativa. O processo adotado para geração das variáveis será a Stakeholder Analysis proposto por Boaventura e Fischmann (2007). Nesta etapa é que será necessária a realização das entrevistas (através do preenchimento dos questionários), que se dará em três etapas, conforme segue: i) <u>Primeira Etapa</u> - Identificação dos stakeholders do setor e geração das variáveis do ambiente de estudo: esta etapa identifica por meio de entrevistas em profundidade com profissionais do setor, quais são os stakeholders do setor e quais variáveis de influência são originadas por esses stakeholders e por elementos do macroambiente. <i>(Etapa já realizada!)</i> ii) <u>Segunda Etapa</u> - Qualificação de importância e incerteza: o objetivo é a qualificação das variáveis identificadas na fase anterior em relação a dois atributos: sua importância e sua incerteza. Esta qualificação é obtida com uma segunda rodada de entrevistas com os especialistas que deverão atribuir conceitos às variáveis identificadas na fase anterior, seguindo uma escala pré-estipulada. <i>(Etapa já realizada!)</i> iii) <u>Terceira Etapa</u> - Identificação das variáveis chave: o objetivo desta fase é a identificação das variáveis chave do setor. Para tanto, os especialistas deverão atribuir conceitos em relação à importância e dependência das variáveis selecionadas na fase anterior. <i>(Etapa atual!)</i> Quanto ao dimensionamento do trabalho/tempo de cada etapa, desta-se que a primeira etapa é mais conceitual e teórica, sendo necessária uma compreensão e análise do segmento a ser estudado, demandando um pouco mais de tempo para seu desenvolvimento. A segunda etapa será mais rápida das três etapas, pois vai constituir apenas em graduar as variáveis identificadas na primeira etapa, em termo de importância e incerteza (utilizando uma escala pré definida). Já na terceira e última etapa, as variáveis resultantes serão comparadas duas a duas para identificação do grau de dependência entre as mesmas. As três etapas ocorrerão em ocasiões distintas e seriadas, sendo que utilizarão como apoio formulários auto explicativos desenvolvidos em MS Excel. Ainda assim a interação direta com o entrevistador (mestrando) não está descartada e poderá ocorrer a qualquer instante, caso necessário. O preenchimento desse questionário será realizado através de formulário único, que pode ser acessado utilizando os botões de atalhos (macros) situados no canto superior direito do formulário e/ou acessando diretamente as abas de navegação no canto inferior esquerdo. Para utilização das macros é necessário que esse recurso seja habilitado. Será solicitada a avaliação de cada variável em termos de sua importância e nível de incerteza, conforme escala definida (usando box/drop down na coluna a frente das variáveis). Agradeço novamente pelo apoio! Stevon Schettino			

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 20 – Ficha de identificação do entrevistado do questionário da terceira rodada de entrevistas

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE		INTRODUÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE (PASSO 1/1)
Favor habilitar Macros!			
NOME COMPLETO:			
EMPRESA:			
CARGO:			
ÁREA DE ATUAÇÃO:			
FORMAÇÃO ACADÊMICA:			
FORMAÇÃO COMPLEMENTAR:			
TELEFONE DE CONTATO:			
E-MAIL:			
OBSERVAÇÕES:			

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 21 – Ficha de avaliação da influência e dependência das variáveis, do questionário da terceira rodada de entrevistas

Redes elétricas inteligentes (Smart Grid): Tendências de sua difusão no Brasil sob a ótica de especialistas		INTRODUÇÃO
Passo 1/1: IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE - Nesta etapa as variáveis selecionadas serão comparadas duas a duas para avaliação da influência e dependência entre elas. É necessário responder as perguntas abaixo e utilizar o painel lateral para mudar para a próxima comparação.		
Das variáveis apresentadas a seguir, qual variável possui mais <u>influência</u> no sistema em estudo (Smart Grid)?		Avaliação: 1/45 PRÓXIMA INTRODUÇÃO
1 Indústria 1	O desenvolvimento da indústria de medidores força a redução do preço do Smart Meeter (medidor eletrônico inteligente)	
ou		
4 Indústria 4	A expansão e consolidação da indústria de equipamentos de geração distribuída influencia o desenvolvimento de normas técnicas de conexão de geração distribuída	
Resposta:		
Há relação de <u>dependência</u> entre as variáveis?		
Se há relação de dependência, qual variável exerce <u>influência</u>?		
Qual o grau de <u>dependência</u>?		

Fonte: Elaborado pelo autor