

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS
SERVIÇOS PRESTADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – ASPECTOS
TÉCNICOS E COMERCIAIS**

AILSON DE SOUZA BARBOSA

ORIENTADOR: MARCO AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA

CO-ORIENTADOR: RAFAEL AMARAL SHYANI

TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGENE.TD – 130/2018

BRASÍLIA/DF: AGOSTO – 2018

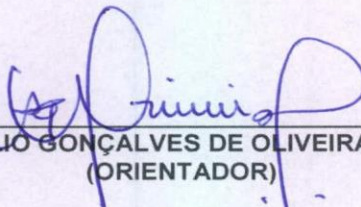
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS
PRESTADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA - ASPECTOS TÉCNICOS E COMERCIAIS**

AILSON DE SOUZA BARBOSA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

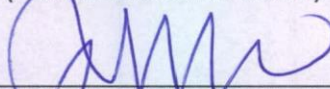
APROVADA POR:



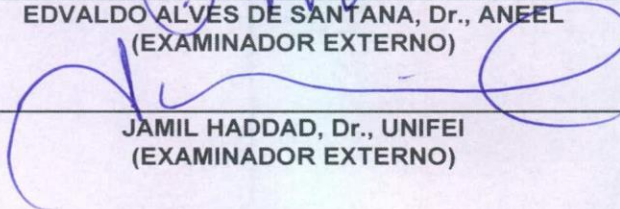
MARCO AURELIO GONÇALVES DE OLIVEIRA, Dr., ENE/UNB
(ORIENTADOR)



ANÉSIO DE LELES FERREIRA FILHO, Dr., ENE/UNB
(EXAMINADOR INTERNO)



EDVALDO ALVES DE SANTANA, Dr., ANEEL
(EXAMINADOR EXTERNO)



JAMIL HADDAD, Dr., UNIFEI
(EXAMINADOR EXTERNO)

Brasília, 03 de agosto de 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

BARBOSA, AILSON DE SOUZA.

Metodologia para a Avaliação da Qualidade dos Serviços Prestados pelas Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica - Aspectos Técnicos e Comerciais [Distrito Federal] 2018.

XVIII, 147p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Doutor, Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1. Qualidade do serviço

2. Indicador Global

3. Métodos multicritério
elétrica

4. Distribuição de Energia

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARBSOA, A. B. (2018). Metodologia para a Avaliação da Qualidade dos Serviços Prestados pelas Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica - Aspectos Técnicos e Comerciais. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.TD-130/2018, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ailson de Souza Barbosa.

TÍTULO: Metodologia para a Avaliação da Qualidade dos Serviços Prestados pelas Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica - Aspectos Técnicos e Comerciais.

GRAU: Doutor

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta Tese pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Ailson de Souza Barbosa

Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica

Caixa Postal 4386 – CEP 70904-970 – Brasília – DF – Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força para enfrentar os desafios encontrados ao longo desta jornada.

Aos meus filhos Vinícius e Raíssa e à minha esposa Eliana pela paciência e pela compreensão dispensadas nesse período, e pelas discussões sobre qualidade do serviço com o Engenheiro Vinícius.

Aos meus pais Luiza e Agerson (*in memória*) e aos demais familiares pelo apoio recebido em todos os momentos de minha vida.

Agradeço aos Professores Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira e Rafael Amaral Shayani pela orientação nesta pesquisa e na submissão dos artigos publicados.

Aos servidores da Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da UNB, pela atenção dispensada às várias solicitações apresentadas a esse órgão e, particularmente, ao seu ex-Coordenador, Professor Kleber Melo e Silva, pelas orientações sobre os periódicos para publicações.

Aos membros da Banca Examinadora pelas valiosas contribuições que apresentaram, no intuito de enriquecer esta pesquisa.

Aos colegas da velha guarda da Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade - SFE, da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição, – SRD e da Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – SPE da Agência de Energia Elétrica - ANEEL, particularmente, aos especialistas Daniel Viera, Djane Melo, Davi Vidal, Paulo Luciano e Carmen Sanches pelas discussões sobre os dados ou o tema pesquisado, e ao colega Wesley Usida pelas contribuições ao texto desta Tese.

À ANEEL por ter me liberado para eu assistir às aulas na Universidade de Brasília - UNB, bem como aos especialistas e aos técnicos dessa Agência e aos demais colegas e amigos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

"A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original."

Albert Einstein.

RESUMO

MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - ASPECTOS TÉCNICOS E COMERCIAIS

Este estudo objetiva avaliar as concessionárias de distribuição de energia elétrica do ponto de vista da qualidade do fornecimento, por meio de um único índice global baseado em um método de Apoio à Decisão Multicritério – ADM ou Multi-Criteria Decision Aid – MCDA. A abordagem proposta permite a classificação da qualidade do serviço de acordo com três dimensões: continuidade de fornecimento, conformidade de tensão e satisfação do cliente. O desafio de agregar vários indicadores em um único índice global foi alcançado por meio dos métodos Processo de Hierarquia Analítico (AHP) e Método de Organização de Classificação de Preferência para Avaliações de Enriquecimento (PROMETHEE).

Com esse método é possível elaborar um *ranking* das distribuidoras, de forma a facilitar a avaliação regulatória do desempenho das empresas e, assim, melhora a qualidade dos serviços oferecidos pelas concessionárias. O método foi aplicado com sucesso a um conjunto de 4 e 25 distribuidoras, cada uma servindo a mais de 1 milhão de unidades consumidoras. Os resultados são relevantes para os reguladores e para a sociedade, pois proporcionarão a eles visão muito mais ampla da qualidade do serviço do que seria possível considerando os indicadores separadamente. Os benefícios potenciais do método para a avaliação do desempenho dos distribuidores, assim como para políticas regulatórias e prioridades de supervisão, são bastante evidentes.

Além disso, a robustez do método foi comprovada por análise de sensibilidade. Portanto, o método deve ser adaptável aos setores de eletricidade de outros países.

ABSTRACT

METHOD FOR THE EVALUATING THE SERVICE QUALITY PROVIDED BY ELECTRICITY DISTRIBUTION UTILITIES - TECHNICAL AND COMMERCIAL ASPECTS

This study aimed to evaluate the performance of electricity distribution utilities with the use of a single global index based on a Multi-Criteria Decision Aid (MCDA) method. The proposed approach ranked service quality according to three dimensions: supply continuity, voltage conformity, and commercial quality. The challenge of aggregating the various indicators into a single global index was overcome with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE) methods. The method was successfully applied to two sets of 4 and 25 distributors, each serving more than 1 million consumer units. By providing a much broader view of service quality than would be possible by considering the indicators separately, the proposed ranking method may facilitate better regulatory assessment of distributor performance, thus improving the quality of services offered by utilities. Given its characteristics, the method may be applicable to the electric power sectors of other countries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Histórico do IASC – Índice Aneel de Satisfação do Consumidor	4
Figura 1.2 - DEC anual no Brasil	5
Figura 1.3 - FEC anual no Brasil	5
Figura 2.1 – Dimensões da qualidade do serviço de energia elétrica.....	15
Figura 2.2 – Distribuição das reclamações em 39 estados dos EUA.	25
Figura 2.3 - Faixas de tensão em relação à de referência	28
Figura 2.4 – Cadeia de fornecimento de energia elétrica ao consumidor.....	30
Figura 2.5 – Número de países por modelo regulatório	43
Figura 2.6 - A função da ANEEL.....	50
Figura 2.7 – Pirâmide de Informações	55
Figura 2.8. - Tipos de problemática.....	62
Figura 3.1 – Procedimento para medir a qualidade do serviço de empresas de distribuição de energia elétrica.....	73
Figura 3.2 – Índice de Qualidade do Serviço.	74
Figura 3.3 - Estrutura hierárquica.....	90
Figura 3.4- Estrutura hierárquica do problema.....	91
Figura 3.5 - Fluxos de superação positivo e negativo.	102
Figura 3.6 – Plano GAIA.....	103
Figura 4.1- Ranking de 4 distribuidoras no Plano GAIA.....	112
Figura 4.2 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério DEC.....	113
Figura 4.3 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério FEC	114
Figura 4.4 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério ICC	115
Figura 4.5 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério DER.....	116
Figura 4.6 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério FER	117
Figura 4.7- Ranking das distribuidoras em forma de gráfico.....	121
Figura 4.8- Ranking de 25 distribuidoras no Plano GAIA	123
Figura 4.9- Ranking considerando apenas o indicador DEC. O eixo de referência é o vetor DEC	124
Figura 4.10- Ranking considerando apenas o indicador FEC. O eixo de referência é o vetor FEC.....	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Indicadores referentes à conexão do consumidor na CERR.	18
Quadro 2.2 - Indicadores referentes à conexão do consumidor no Brasil.	19
Quadro 2.3 - Indicadores referentes às principais solicitações/reclamações do consumidor na CERR.	20
Quadro 2.4- Indicadores referentes às principais solicitações/reclamações do consumidor no Brasil.	20
Quadro 2.5- Indicadores referentes aos serviços técnicos prestados aos consumidores na CERR.	21
Quadro 2.6 - Indicadores referentes aos serviços técnicos prestados aos consumidores no Brasil.	22
Quadro 2.7 - Indicadores referentes à medição e ao faturamento de unidade consumidora na CERR.	23
Quadro 2.8 - Indicadores referentes à medição e ao faturamento de unidade consumidora no Brasil.	23
Quadro 2.9 - Faixa de utilização de tensão ANSI C84.1-2011	27
Quadro 2.10 - Limites para variação na tensão em regime permanente (CENELEC, 1999)	27
Quadro 2.11 – Tipo de regulação sobre a qualidade do serviço nos Estados Unidos.	45
Quadro 2.12 - Exemplo de métrica para aplicação de penalidade em relação à qualidade de serviço das distribuidoras nos Estados Unidos - estado de Massachusetts.	47
Quadro 2.13- Relações básicas de preferências.	65
Quadro 2.14- Relação consolidada de preferências.	65
Quadro 3.1 – Escala de intensidade de importância.	88
Quadro 3.2 – Índice Randômico (I).....	97
Quadro 3.3 – Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP.....	105
Quadro 3.4 – Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP, incluindo os pesos .	106
Quadro 3.5 – Pesos das dimensões obtidos com o Método AHP.....	106
Quadro 3.6 - Matriz de julgamento de acordo como Método AHP para a dimensão Qualidade Comercial	107
Quadro 3.7 - Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP para a dimensão Continuidade.....	107

Quadro 3.8 - Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP para a dimensão Conformidade	108
Quadro 3.9 – Pesos finais	108
Quadro 4.1- Dados de indicadores de 4 distribuidoras.....	110
Quadro 4.2 - <i>Ranking</i> de 4 distribuidoras.....	111
Quadro 4.3 - Faixa de variação dos pesos em relação a cada indicador para 4 distribuidoras	118
Quadro 4.4- Dados de indicadores de 25 distribuidoras.....	119
Quadro 4.5 - <i>Ranking</i> de 25 distribuidoras.....	120
Quadro 4.6 - Faixa de variação de pesos em relação a cada indicador	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Descrição dos indicadores de continuidade do IEEE.....	31
Tabela 2.2 - Descrição dos indicadores de continuidade na Europa	32
Tabela 2.3 - Indicadores de continuidade do serviço individuais no Brasil	33
Tabela 2.4 - Indicadores de continuidade do serviço coletivos no Brasil	34
Tabela 2.5- Classificação dos países por modelo regulatório	44
Tabela 2.6 - Indicadores técnicos e comerciais a serem considerados nos mecanismos de incentivo.	52
Tabela 2.7 – Valores finais dos pesos para concessionárias com mais de 60 mil unidades consumidoras.	53
Tabela 2.8 – Valores finais dos pesos para concessionárias com menos de 60 mil unidades consumidoras.	54
Tabela 2.9- Matriz de avaliação ou de decisão.....	61
Tabela 3.1 - Seis tipos de critérios generalizados.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACSI	American Consumer Satisfaction Index - USA
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANSI/ASQ	American National Standard/American Standard Quality
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ADM	Apoio à Decisão Multiobjetivo ou Multicritério
CRTP	Ciclo de Revisão Tarifária Periódica
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index
CAPEX	Taxa de remuneração dos ativos, sem aplicação de eficiência
CEER	Conselho de Reguladores Europeu de Energia
CKAIDI	Circuit Average Interruption Duration Index
CKAIFI	Circuit Average Interruption Frequency Index
D. T. E	Department of Telecommunications and Energy – USA
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (horas)
DER	Duração Equivalente de Reclamação
DGC	Desempenho Global de Continuidade
DRC	Duração relativa de transgressão para tensão crítica
DRC _E	Duração relativa de transgressão para tensão crítica equivalente
DRP	Duração relativa de transgressão para tensão precária
DRP _E	Duração relativa de transgressão para tensão precária equivalente
ELECTRE	Elimination ET Choix Traduisant La Réalité
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (número de interrupções)
FER	Frequência Equivalente de Reclamação a cada mil Unidades Consumidoras
IASC	Índice Aneel de Satisfação do Consumidor
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. - USA
ICC	Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica
CKAIDI	Circuit Average Interruption Duration Index
CKAIFI	Circuit Average Interruption Frequency Index

MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAUT	Multiattribute Utility Theory
MCDA	Multicriteria Decision Aid
NCSI-UK	National Consumer Satisfaction Index- UK
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEX	Custo base para operação e manutenção do sistema
OSHA	Federal Occupational Safety and Hazard Administration
PBR	Performance Based Regulation
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROMETHEE- GAIA	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations - Geometrical Analysis for Interactive Aid.
RIIO	Revenue = Incentives+Innovation+Output
RPI	Retail Price Index
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
SQI	Service Quality Indices
TODIM	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
UC	Unidade Consumidora
UFU – FAU	Universidade Federal de Uberlândia – Fundação de Apoio Universitário
USP - Enerq	Universidade de São Paulo - Centro de Estudos em Regulação e Qualidade de Energia

LISTA DE SÍMBOLOS

$P\gamma$	problemática de hierarquia
$P\alpha$	problemática de seleção
$P\delta$	problemática descritiva
$P\beta$	problemática de classificação
p	limite e preferência
q	limite de indiferença
aSb	relação binária S no conjunto A
$\varphi^+(a)$	fluxo positivo
$\varphi^-(a)$	fluxo negativo
$P(a,b)$	função de preferência de a em b
P	relação de preferência estrita
Q	relação de preferência fraca
R	relação de incomparabilidade
I	relação de indiferença

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	7
1.3	OBJETIVO GERAL	10
1.3.1	Objetivos Específicos.....	10
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	CONCEITO DE QUALIDADE	12
2.1.1	Avaliação da qualidade por meio de pesquisa de opinião.....	12
2.1.2	Avaliação da qualidade do serviço por meio de indicadores.....	15
2.2	ASPECTOS CONCEITUAIS DA REGULAÇÃO DA QUALIDADE	34
2.2.1	Regulação por taxa de retorno e qualidade	37
2.2.2	Regulação por <i>price-cap</i> ou <i>revenue cap</i> e qualidade	38
2.2.3	Regulação por <i>yardstick competition</i> e qualidade	41
2.2.4	Regulação RHO (<i>Revenue = Incentives+Innovation+Output</i>).....	42
2.2.5	Experiência internacional	43
2.2.6	Regulamento do Setor de Energia Elétrica nos Estados Unidos.....	44
2.2.7	Regulação da qualidade do serviço de energia elétrica no Brasil	48
2.2.8	Mecanismo de incentivo à qualidade do serviço da distribuição de energia elétrica no Brasil.....	50
2.3	CONCEITO DE INDICADOR GLOBAL	54
2.3.1	Critérios de seleção de indicadores	55
2.4	APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	57
2.5	PROCESSO DECISÓRIO MULTICRITÉRIO.....	58
2.5.1	Elementos do processo de tomada de decisão	59

2.5.2	Tipos de problemáticas	61
2.5.3	Análise de sensibilidade	63
2.6	MODELAGEM DE PREFERÊNCIA	63
2.6.1	Relação binária	63
2.6.2	Preferência do decisor	64
2.6.3	Estrutura de preferência.....	66
2.7	PRINCIPAIS MÉTODOS MULTICRITÉRIO	68
2.7.1	Métodos ELECTRE	69
2.7.2	Método PROMETHEE	70
2.7.3	Teoria da Utilidade Multiatributo	70
2.7.4	Método de Análise Hierárquica (AHP)	71
2.7.5	Método MACBETH	71
2.8	Escolha do método.....	72
3	MATERIAIS E MÉTODOS	73
3.1	MÉTODO DE MEDIÇÃO	73
3.2	SUBCRITÉRIOS – INDICADORES PROPOSTOS	75
3.2.1	Indicadores da qualidade dos serviços comerciais – DER e FER (comercial).....	75
3.2.2	Indicadores da continuidade do fornecimento – DEC e FEC (técnico)..	78
3.2.3	Indicador de conformidade dos níveis de tensão – ICC (técnico)	80
3.3	PRINCIPAIS ETAPAS DA ANÁLISE DE DECISÃO ENVOLVENDO MÚLTIPLOS CRITÉRIOS	83
3.4	FORMULÇÃO MATEMÁTICA DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	84
3.5	MATRIZES E ESCALA DE VALOR	86
3.6	ETAPAS DO MÉTODO AHP	89
3.6.1	Problema e estrutura hierárquica.....	89

3.6.2	Matrizes de prioridade	91
3.6.3	Matrizes de prioridade relativas	94
3.6.4	Consistência da matriz	95
3.6.5	Decisão final das prioridades.....	97
3.6.6	Vantagens e limitações do modelo AHP	98
3.7	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MÉTODO PROMETHEE II	99
3.7.1	PLANO GAIA.....	103
3.8	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO	104
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	110
4.1	Estudo de Caso 1	110
4.1.1	Resultados do Estudo de Caso 1	110
4.1.2	Discussões sobre o Estudo de Caso 1	113
4.2	Estudo de Caso 2	118
4.2.1	Resultados do Estudo de Caso 2.....	118
4.2.2	Discussões sobre o Estudo de Caso 2	125
5	CONCLUSÕES	128
6	BIBLIOGRAFIA	131
	APÊNDICES	141

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O fornecimento de energia elétrica é um dos serviços públicos mais exigidos pela sociedade contemporânea. Para o funcionamento de uma simples lâmpada, é necessário o acionamento de todo o sistema elétrico, composto por centrais geradoras, linhas de transmissão, subestações, linhas e transformadores de distribuição, operando coordenadamente.

A energia elétrica é utilizada para diversas finalidades. Entre essas, destacam-se a iluminação, a refrigeração de alimentos, a produção de trabalho, as telecomunicações, a computação e a climatização. Cada vez mais a sociedade depende da energia elétrica, para suprir suas necessidades.

Nesse sentido, seu fornecimento exige quantidade, qualidade e preço adequado. Por ser serviço de utilidade pública, cabe ao Estado, responsável pela concessão desse serviço, regulamentar e fiscalizar, em função do interesse público envolvido nessa atividade.

O desafio para os mercados e os reguladores é encontrar o compromisso ideal entre a qualidade do serviço e as tarifas. O quadro é desafiador por uma série de fatores:

- ✓ existem poucas informações disponíveis sobre os custos, para que uma distribuidora aprimore a qualidade do serviço;
- ✓ as distribuidoras dispõem de poucas informações sobre a disposição dos consumidores para pagar;
- ✓ as preferências dos consumidores variam consideravelmente, enquanto os serviços de distribuição são tradicionalmente fornecidos a um padrão único de serviço para todos ou a maioria dos utilizadores dentro de uma área. A escolha do nível de qualidade de serviço é tarefa complexa, pois há relativa heterogeneidade de preferências de consumidores industriais, comerciais, agrícolas e residenciais;

- ✓ os consumidores são susceptíveis a alterar as preferências do nível de qualidade, de acordo com os tipos de aplicação elétrica que os usuários utilizam dentro de sua casa ou do local de trabalho;
- ✓ tentação para as distribuidoras de economizar nos custos, reduzindo as despesas de capital operacional na qualidade do serviço, onde os preços da eletricidade são regulados com base no *price-cap* ou preço-teto, e a qualidade do serviço é relativamente pouco regulada, (TER-MARTIROSYAN e KAWOKA, 2010; AJODHIA e HAKVOORT, 2005).

Alternativamente, quando os preços da eletricidade são regulados por meio de taxa interna de retorno, as distribuidoras tendem a realizar sobreinvestimentos, prejudicando o consumidor com tarifas elevadas (AJODHIA e HAKVOORT, 2005).

Já as evidências empíricas indicam que, quando o regulador escolhe regular preços usando as metodologias *price-cap*, os incentivos de uma distribuidora para distribuir níveis eficiente de qualidade do serviço tendem a cair. Como consequência, esses modelos de regulação devem ser complementados por regulação da qualidade do serviço (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007; GIANNAKIS, JAMASB e POLLITT, 2005). Além disso, as concessionárias podem buscar níveis de qualidade que possam desviar-se do ótimo socioeconômico (GIANNAKIS, JAMASB e POLLITT, 2005).

Nesse sentido, a introdução de incentivo à regulação é importante mecanismo, para que as empresas não se apropriem dos ganhos adicionais financeiros, reduzindo a qualidade do serviço prestado ao consumidor. Dessa forma, o indicador global é oportuno, para que o regulador possa avaliar e atuar preventivamente em relação à garantia da qualidade mínima do serviço de energia elétrica.

De maneira geral, o desempenho dos serviços prestados pelas distribuidoras pode ser avaliado de duas formas: por meio de pesquisas de opinião com os consumidores ou por meio da apuração de indicadores.

No caso da pesquisa de opinião, foi desenvolvida a Pesquisa Nacional de Satisfação dos Consumidores de Energia Elétrica pelos Estados Unidos e pelo Reino Unido, posteriormente aplicada ao Brasil por meio do Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor - IASC. Essa pesquisa objetiva avaliar o grau de satisfação dos consumidores com a qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias de energia elétrica.

O modelo do IASC é composto de cinco variáveis: Qualidade Percebida, Valor Percebido, Satisfação, Confiança e Fidelidade. Cada variável é avaliada no questionário por meio de escalas de mensuração que varia de 1 a 10. Vê-se, portanto, que o IASC avalia a percepção do consumidor na dimensão econômica – Valor Percebido –, comparando o valor da tarifa de energia elétrica paga pelo consumidor com as facilidades que a energia oferece, a qualidade do fornecimento e o atendimento ao consumidor. Essa avaliação do Valor Percebido, se não tratada adequadamente, contamina toda a avaliação das distribuidoras. Entre os principais objetivos da pesquisa, destacam-se:

- ✓ avaliar, considerando a percepção dos usuários, o grau de satisfação com as distribuidoras de energia elétrica;
- ✓ gerar indicadores comparáveis por região e por porte de empresa;
- ✓ gerar indicador único da satisfação do consumidor que indique a percepção global no Setor;
- ✓ complementar as informações de natureza interna (DEC, FEC, DER, FER, registros na Ouvidoria, entre outros) e;
- ✓ comparar os resultados obtidos com os dos anos anteriores utilizando a mesma metodologia.

O Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor é calculado anualmente com foco na classe de consumidores residenciais e é obtido ponderando-se os indicadores de cada concessionária pelo número de consumidores. Foi adotado esse procedimento, para se avaliar a realidade brasileira, considerando o porte de cada empresa (ANEEL, 2002).

Desde 2000, esse índice é calculado pela ANEEL, à exceção de 2011, em que não houve a pesquisa. Desde 2003, o IASC passou a integrar o cálculo do Fator X, índice que reduz ou aumenta o reajuste de tarifa das concessionárias, por meio da componente Xq (fator de

qualidade), até o limite máximo preestabelecido. Ressalta-se que, de acordo com o método de cálculo dessa componente, as concessionárias que não alcançarem determinado nível de satisfação esperado são penalizadas com a redução tarifária. De forma simétrica, aquelas que superem o nível de satisfação esperado são beneficiadas com o aumento tarifário.

Em 2015, esse indicador atingiu o menor nível da série histórica, com o valor de 57,03%, conforme a Figura 1.1. Essa Figura também compara o IASC Brasil com os índices dos Estados Unidos e do Reino Unido. Apesar do péssimo resultado desse índice, o DEC Brasil se manteve praticamente estável, enquanto no FEC houve melhora, conforme a Figura 1.2 e a Figura 1.3.



Figura 1.1 – Histórico do IASC – Índice Aneel de Satisfação do Consumidor
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <www.aneel.gov.br>.
Acesso em: 1º de maio 2017.

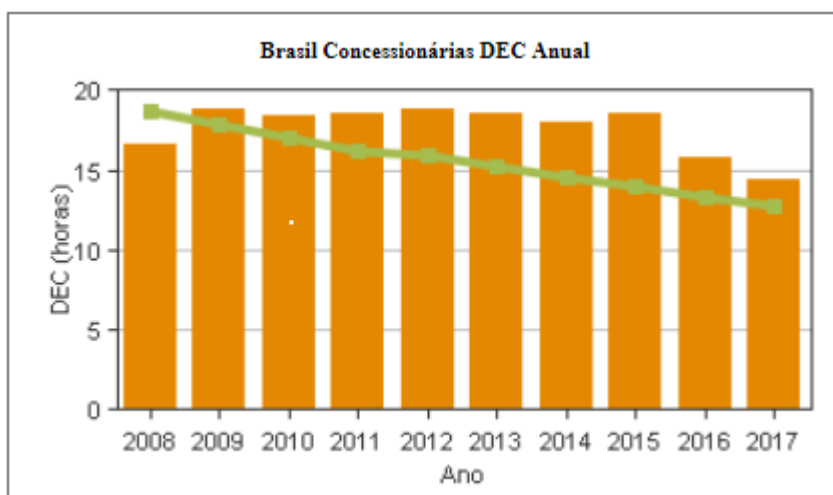


Figura 1.2 - DEC anual no Brasil

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 1º de maio 2018.

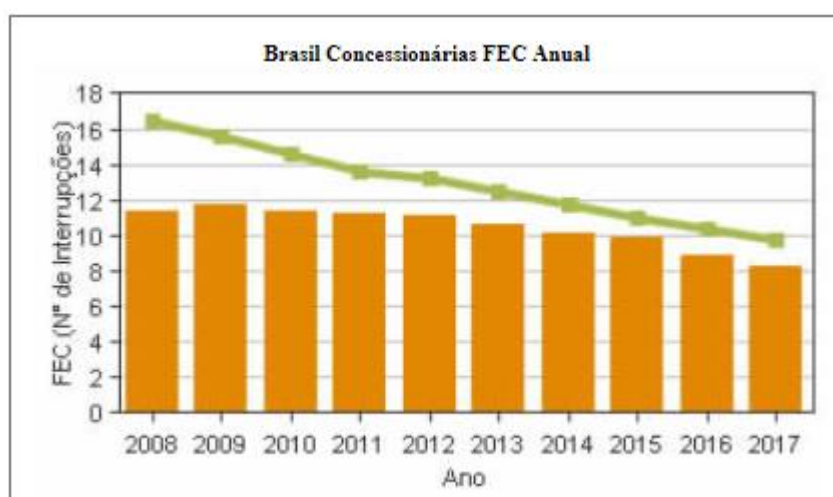


Figura 1.3 - FEC anual no Brasil

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 1º de maio 2018

Os resultados do IASC refletem certa contradição com os resultados do DEC e do FEC, particularmente em relação a 2015. Observa-se, na Figura 1.1, que nesse ano houve queda do IASC de 15,8% em relação a 2014, enquanto o DEC aumentou 3,2% e o FEC reduziu em 2,2%. Fatores como o aumento expressivo do preço da energia ocorrido em 2015 – chegando a valores da ordem de 63% para o caso de algumas empresas – refletiram negativamente na avaliação das distribuidoras. Além desses aspectos, programas de corte no fornecimento de energia elétrica por inadimplência do consumidor ou por outros motivos alheios à

distribuidora contribuem para que o consumidor avalie negativamente a distribuidora. Esses fatores favorecem à análise distorcida da avaliação da qualidade do serviço pelo consumidor.

Outra forma de avaliar os serviços prestados pela distribuidora ocorre por meio de indicadores, associados às várias dimensões da qualidade de serviço. De maneira geral, a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica é difícil de medir. Normalmente as dimensões da qualidade do serviço incluem a continuidade do fornecimento (medido em termos da duração e do número de interrupções), conformidade da tensão (desequilíbrio de tensão, flutuações de tensão, variação de tensão de curta duração, distorção de forma de onda, harmônicos e outros) e qualidade comercial (englobando assuntos como desempenho do teletendimento, fatura de energia, novas ligações e outros) (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007).

Geralmente, os aspectos da qualidade do serviço, em especial as medidas de confiabilidade, são definidos em legislação posterior ou específica. As normas variam de acordo com cada país.

Para complicar o cenário, é fato que os serviços de distribuição de energia elétrica em mercados típicos são diferentes, comparativamente aos demais serviços prestados. Serviços de distribuição de energia elétrica são fornecidos em conjunto para muitos consumidores, os quais raramente negociam individualmente com as distribuidoras quanto aos níveis de qualidade. Além disso, os usuários industriais e comerciais são susceptíveis de valorizar a confiabilidade muito mais do que os residenciais, por causa do grande impacto que as interrupções podem causar nos respectivos negócios.

Para resolver problemas complexos dessa natureza, após a Segunda Guerra Mundial, eram utilizados, basicamente, os métodos clássicos de otimização. Nesses, procurava-se o valor máximo ou mínimo de uma função objetiva, submetida a um conjunto de condições ou de restrições.

Posteriormente, surgiram os primeiros métodos de apoio à decisão multicritério (AMD), contribuindo para resolver problemas em que vários são os objetivos, trazendo consigo a capacidade de agregar, amplamente, todas as características consideradas importantes,

inclusive as qualitativas, a fim de possibilitar a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisão.

Nesse sentido, este estudo propõe um modelo multicritério, para apoiar as decisões de classificação das distribuidoras de energia elétrica, avaliando os serviços prestados nos aspectos técnicos e comerciais. As diretrizes estabelecidas pelo modelo proposto auxiliam a decisão por meio de uma sequência de conceitos, etapas e aplicação da metodologia multicritério.

A contribuição deste trabalho consiste em estruturar a decisão por meio das definições dos elementos do processo, da modelagem de preferência, da escolha dos métodos multicritério, do sistema de apoio à decisão, da avaliação de resultados e da análise de sensibilidade.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

De modo geral, não há um padrão internacional que especifique como uma agência reguladora deve medir a qualidade do serviço. Nos Estados Unidos da América, cada estado adota critérios próprios que incluem: confiabilidade (SAIDI, SAIFI e CAIDI); acidentes de trabalho; resposta a situações de cabos partidos; piores circuitos em termos de interrupção (duração e frequência); resposta a chamadas telefônicas (média de tempo de resposta); reclamações à agência reguladora; porcentagem de medidores lidos mensalmente pela empresa; tempos de conexão para novas unidades consumidoras; satisfação do consumidor (LLC, 2012).

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece os indicadores de qualidade de serviço baseados nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) (ANEEL, 2017) e na Resolução Normativa nº 414/2010 (ANEEL, 2010), definindo os parâmetros técnicos e comerciais, respectivamente. O Módulo 8 do PRODIST estabelecer os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica - QEE, enfocando a qualidade do produto e do serviço prestado e a do tratamento de reclamações.

Para a qualidade do produto, esse módulo define a terminologia e os indicadores, caracteriza os fenômenos, estabelece os limites ou os valores de referência, a metodologia de medição, a gestão das reclamações relativas à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão e os estudos específicos de qualidade da energia elétrica para acesso aos sistemas de distribuição (ANEEL, 2017).

Para a qualidade do fornecimento de energia elétrica, esse módulo firma a metodologia para apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades (ANEEL, 2017).

Para a qualidade do tratamento de reclamações, este módulo define a metodologia de cálculo dos limites do indicador de qualidade comercial Duração Equivalente de Reclamação (FER) (ANEEL, 2017).

Apesar desse avanço, nem todos os indicadores têm limites de qualidade firmados pelo órgão regulador, como é o caso da Duração Equivalente de Reclamação (DER), indicador que será detalhado adiante. Esses indicadores são apurados periodicamente e encaminhados à ANEEL pelas distribuidoras e estão disponíveis para o público em geral no sítio da ANEEL.

Definir quais dimensões devem fazer parte da avaliação de desempenho de uma distribuidora de energia elétrica não consiste em tarefa fácil. Pesquisar as dimensões mais relevantes da qualidade do serviço, considerando os vários indicadores disponíveis no setor de distribuição de energia elétrica, é determinante para obter os resultados esperados (CARREGADO, 2003; SANTOS, 2003; VILLELA, 2009; QUEIROZ, 2012).

A ANEEL dispõe, atualmente, de um *ranking* dos distribuidores, com base no indicador de Desempenho Global de Continuidade (DGC). Apesar de sua utilidade, esse índice considera apenas a dimensão continuidade, expressa pelos seguintes indicadores em relação aos limites estabelecidos para cada conjunto de unidades consumidoras: Equivalente Duração da Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), que correspondem aos indicadores SAID e SAIF, respectivamente (ANEEL, 2017).

Outro indicador relevante utilizado pela ANEEL, para avaliar a qualidade do serviço, é o IASC. Os resultados do IASC foram empregados no cálculo do Fator X (ANEEL, 2004), instrumento de regulação por incentivo aplicado ao reajuste das tarifas de energia elétrica das concessionárias. A revisão tarifária periódica representa instrumento diferente do reajuste anual das tarifas das empresas, prevista nos contratos de concessão¹ das distribuidoras, que acontece, em média, a cada quatro anos. Nesse processo, a ANEEL avalia a situação das receitas e dos custos das distribuidoras e estabelece novo valor para as tarifas, de acordo com a estrutura da empresa e a de seu mercado.

Nesse contexto, as distribuidoras que recebem avaliação negativa ou positiva dos consumidores na pesquisa são punidas ou beneficiadas com redução ou aumento no percentual de seu reajuste de tarifas, respectivamente. Porém, o IASC passou a ser questionado, por ser indicador de satisfação que considera somente a opinião do consumidor. Por essa razão, foi retirado do processo de revisão tarifária desde 2007 (ANEEL, 2006). Em muitas situações, a avaliação do consumidor sobre o serviço prestado pela distribuidora é influenciada por outros fatores que não deveriam ser considerados nesse momento, distorcendo a avaliação.

Assim, o índice IASC não foi concebido com essa finalidade e não tem a precisão necessária à aplicação utilizada. O índice IASC perde qualidade como instrumento de avaliação em função do chamado “risco moral”, que estimularia avaliações negativas em função de potenciais efeitos tarifários.

A ANEEL (2015) reintroduziu o IASC no Fator X, agora compondo indicador global considerando outros indicadores da qualidade do serviço – técnicos e comerciais, sem considerar a conformidade da tensão –, cujo peso foi estabelecido em 10% para as distribuidoras com mais de 60 mil unidades consumidoras, sem empregar uma metodologia científica para a definição dos pesos.

¹ Contrato de Concessão de Serviço Público – é o contrato entre a Administração Pública e uma empresa de economia mista ou particular, pelo qual o Governo transfere ao segundo a execução de um serviço público, para que este o exerça em próprio nome, por sua conta e risco, mediante tarifa paga pelo usuário, em regime de monopólio ou não. As normas gerais sobre as concessões estão previstas na Constituição Federal e na Lei 8.987, de 13/2/95.

Apesar desse avanço, esse indicador global precisa ser aperfeiçoado, pois a composição e a importância de cada dimensão da qualidade do serviço de energia elétrica ainda não foram suficientemente exploradas pela literatura internacional e, particularmente, pelo órgão regulador no Brasil, necessitando de abordagem que considere uma metodologia científica.

Portanto, o desafio é avaliar a qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras a partir de indicadores, e não apenas realizar pesquisa com os consumidores de energia elétrica. Esses indicadores, de maneira geral, já estão disponíveis nas concessionárias e no órgão regulador, resultando em utilização mais nobre desses dados.

Nesse sentido, pode-se definir a principal questão deste trabalho: como avaliar a qualidade do serviço das distribuidoras de energia elétrica, considerando as várias dimensões desse serviço?

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta Tese de doutorado é propor um método científico que permita avaliar a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, a partir de indicadores apurados por essas empresas.

1.3.1 Objetivos Específicos

Além disso, a métrica proposta neste trabalho permitirá:

- ✓ definir as dimensões, entendidas como a composição da qualidade do serviço de energia elétrica e os critérios – indicadores – que serão levados em conta para essa avaliação;
- ✓ definir os indicadores que comporão o Índice de Qualidade do Serviço - IQS;
- ✓ escolher os métodos multicritério para resolver o problema;
- ✓ obter os pesos pela definição da importância relativa de cada dimensão e dos critérios – indicadores – da qualidade do serviço;
- ✓ obter visão unificada e temporal da qualidade dos serviços prestados pela concessionária;

- ✓ criar um *ranking* das distribuidoras de determinado país ou grupo de empresas para avaliação relativa entre essas;
- ✓ auxiliar o órgão regulador, particularmente nas áreas de regulação e fiscalização, que vem aperfeiçoando um indicador de qualidade que seja mais robusto e considere outros aspectos da qualidade do serviço de fornecimento de energia, em complementação à regulação da qualidade já existente.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, assim distribuídos. No Capítulo 2, é apresentada a Revisão Bibliográfica, contemplando o conceito de qualidade do serviço; aspectos conceituais da regulação da qualidade; conceito de indicador global; apoio à decisão multicritério; processo decisório multicritério; métodos de apoio multicritério à decisão e principais métodos multicritério.

No Capítulo 3, são apresentados os materiais e os métodos utilizados neste trabalho. Nesta tese é exposto todo o desenvolvimento do método proposto para avaliar o desempenho técnico das distribuidoras. Além disso, são apresentados os materiais utilizados, a exemplo de *software*, planilhas e outros.

No Capítulo 4, são expostos os resultados e as discussões. Foram realizados dois estudos de caso para a aplicação da metodologia proposta: Caso 1 – 4 distribuidoras e Caso 2 – 25 distribuidoras no Brasil, com mais de 1 milhão de unidades consumidoras. A partir desses exemplos, são realizadas discussões e análise de sensibilidade para validação do modelo.

O Capítulo 5 expõe as conclusões do trabalho, juntamente com as sugestões de trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo é apresentada a revisão bibliográfica relativa ao processo de decisão, aos métodos de apoio multicritério à decisão, à definição de qualidade do serviço propriamente dita e aos aspectos básicos da regulação da qualidade do serviço de energia elétrica, abrangendo as dimensões envolvidas na qualidade do serviço.

2.1 CONCEITO DE QUALIDADE

A palavra qualidade possui diversidade de interpretações dada por vários estudiosos e organizações. Cada um desses procura definir a qualidade de modo coeso, assimilável e, principalmente, aplicável a todos os ramos de atividade e portes empresariais.

Seguem, abaixo, as mais recorrentes definições sobre o tema:

“A totalidade dos requisitos e características de um produto ou serviço que estabelecem a sua capacidade de satisfazer determinadas necessidades” (ANSI/ASQ A3, 1978);

“Totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades implícitas e explícitas” (NBR ISO 9000, 2000);

“Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações” (CROSBY, 1990);

“Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do consumidor” (FALCONI, 1992).

Pode-se afirmar que há dois caminhos para avaliar a qualidade de serviço: pesquisa de opinião com o consumidor ou por meio de critérios ou dimensões e respectivos indicadores. Esses indicadores precisam ser definidos e apurados para determinado período em que se deseja avaliar certo serviço.

2.1.1 Avaliação da qualidade por meio de pesquisa de opinião

A qualidade pode ser definida de várias maneiras (STIGLINGH, 2014). A abordagem baseada no usuário começa com a premissa de que a qualidade não é objetiva, mas é uma

visão do expectador (BERRY, ZEITHAML e PARASURAMAN, 1985; GARVIN, 1984; PHILIP e STEWART, 1999). É amplamente aceito que qualidade do serviço depende de duas variáveis: o serviço esperado e o recebido. Grönroos (1984; 1988) defende que a qualidade do serviço percebida resulta do processo de avaliação em que o serviço esperado é comparado com o recebido.

A qualidade do serviço foi definida principalmente por meio de modelos de qualidade. Duas escolas de pensamento surgiram: as escandinavas e as americanas. A Escola Escandinava definiu a qualidade do serviço usando termos categóricos e dividiu a construção em dimensões diferentes. Originalmente (GRÖNROOS, 1984) identificou três dimensões: a técnica ("o quê"), a funcional ("como") e imagem corporativa.

A Escola Americana de pensamento define qualidade do serviço usando termos mais descritivos, mas também dividiu em 5 diferentes dimensões, nas quais os usuários avaliam o produto ou o serviço que recebem. As dimensões identificadas (PARASURAMAN, ZEITHAML e BERRY, 1985; PARASURAMAN, ZEITHAML e BERRY, 1988; PARASURAMAN, BERRY e ZEITHAML, 1991) são: tangibilidade, confiabilidade, sensibilidade, segurança e empatia. Esses autores também desenvolveram o primeiro instrumento de medição da qualidade percebida, SERVQUAL².

A tangibilidade (OLIVEIRA E FERREIRA, 2009) refere-se às instalações físicas e a todos os outros aspectos físicos como equipamentos, pessoas e material de comunicação; a confiabilidade trata-se da execução do serviço de forma confiável e precisa, em conformidade com os prazos regulamentares previstos, sendo considerada a dimensão mais importante para os consumidores dos serviços; a sensibilidade é a dimensão que avalia o interesse e a receptividade da empresa e a de seus funcionários, para auxiliar os consumidores; a segurança refere-se à competência dos funcionários para transmitir confiança e credibilidade; a empatia significa a capacidade dos empregados de se colocarem na condição de consumidor.

² Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_servqual>.

A partir de cada uma dessas dimensões, a escala SERVQUAL mede as discrepâncias, isto é, a distância entre o nível desejado e o real da qualidade de determinado serviço. Basicamente é indagado ao consumidor como ele imagina a empresa ideal em dado ramo de atividade; em seguida, é perguntado como ele avalia o desempenho real daquela empresa e, em seguida, compara-se a empresa ideal e a real. Para isso, a escala SERVQUAL compõe-se de 22 itens, para medir o nível desejado, e 22 itens, para medir o nível real, mensurando as cinco dimensões de qualidade nos serviços. Essas questões são respondidas utilizando-se uma escala Likert de 1 a 7. Nela os extremos são marcados como concordo totalmente (excelente) e discordo totalmente (mediocre).

Outros autores (RICHARD e ALLAWAY, 1993; VOS, 2003) descobriram que SERVQUAL foi amplamente aceito com robusta classificação das dimensões do serviço. Alguns autores (CRONIN e TAYLOR, 1994; DABHOLKAR, SHEPHERD e THORPE, 2000; DONNELLY e SHIU, 1999) questionaram as cinco dimensões do SERVQUAL. Outra escala, chamada SERVPER, desenvolvida por Cronin e Taylor (1994), tem as mesmas dimensões que a SERVQUAL. Nessa escala, esses autores sugerem que a qualidade do serviço é mais bem definida por apenas o desempenho e não como diferença entre o desempenho – qualidade do serviço – e a expectativa do consumidor – satisfação.

Percebe-se, portanto, que existe diferença entre qualidade do serviço e satisfação do consumidor. A satisfação requer a dependência da experiência, isto é, só se pode ter noção da satisfação por meio da experimentação do produto ou do serviço. Em contrapartida, no caso da qualidade, ela não depende necessariamente da experiência do consumidor. Pode-se ter noção da qualidade do serviço sem tê-la experimentado. Além disso, no aspecto da qualidade, as dimensões analisadas estão relacionadas ao produto ou ao serviço prestado, enquanto na satisfação as dimensões são mais abrangentes, extrapolando os limites do produto/serviço. Desse modo, a satisfação muitas vezes compreende aspectos que ultrapassam a esfera da empresa, sobre os quais algumas vezes não se detém controle.

Em relação ao serviço de fornecimento da energia elétrica, esse apresenta complexidade na sua avaliação. De maneira geral, na continuidade do fornecimento e na qualidade comercial há certa similaridade na forma de avaliação com outros serviços disponíveis ao consumidor. Já na conformidade da tensão, não há outra forma de avaliação senão por meio de medidor

específico para esse fim. Portanto, em uma pesquisa ao consumidor que trate da avaliação da conformidade da tensão, simplesmente por meio de pesquisa de opinião ao consumidor, não se pode obter avaliação adequada. Problemas dessa natureza apenas são percebidos pelo consumidor, quando o fornecimento se encontra em estágio crítico, inviabilizando a operação dos equipamentos submetidos nessa situação.

Nesse sentido, não será utilizada pesquisa de satisfação neste trabalho. A proposta do trabalho é avaliar a qualidade do serviço a partir de indicadores que estão disponíveis nas distribuidoras.

2.1.2 Avaliação da qualidade do serviço por meio de indicadores

A qualidade do serviço é importante problema no setor de distribuição de energia elétrica em todo o mundo. Consumidores são sensíveis a todos os aspectos da qualidade do serviço: a velocidade e a precisão das respostas às suas reclamações, a confiabilidade do suprimento da energia e os níveis de tensão de fornecimento (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007).

Diferentemente da abordagem do PRODIST, na Europa, a qualidade do serviço se apresenta nos aspectos técnicos e nos não técnicos. Esses aspectos são agrupados em 3 dimensões: Qualidade Comercial, Conformidade da Tensão e Continuidade do Fornecimento (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007; LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008). Portanto, neste trabalho será adotada essa definição para a qualidade do serviço.

A Figura 2.1 apresenta visão geral das dimensões da qualidade do serviço de energia elétrica.

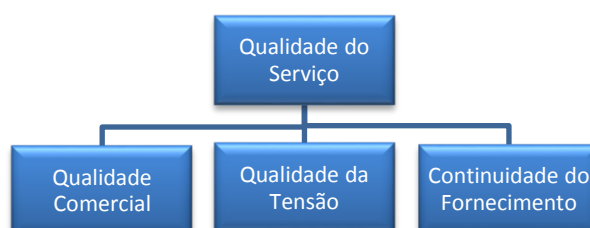


Figura 2.1 – Dimensões da qualidade do serviço de energia elétrica.

2.1.2.1 Qualidade Comercial

A Qualidade Comercial caracteriza-se por ser um serviço com aspecto não técnico. Abrange serviços tais como novas ligações de unidades consumidoras (antes da assinatura de contrato de fornecimento de energia elétrica), leitura da medição, faturamento, solicitações e reclamações (durante a validade do contrato de fornecimento). A qualidade desse serviço é avaliada, por exemplo, pelo tempo para se realizar nova ligação, pela exatidão da leitura da medição ou pela conta de energia. Os instrumentos regulatórios focam em indicadores, tais como o tempo de espera para o serviço ser realizado ou a frequência de leitura do medidor.

2.1.2.1.1 Experiências internacionais e no Brasil

Em relação a essa dimensão, o Conselho de Reguladores Europeu de Energia³ (CEER, 2014) realizou uma consulta pública com prazo de contribuições em janeiro de 2014, visando recomendar aos reguladores associados revisar o regulamento da qualidade dos serviços de distribuição na perspectiva do consumidor, com foco em conexão, desconexão e manutenção do consumidor ligado à rede.

O documento apresenta uma série de perguntas relacionadas a 11 áreas de serviços de eletricidade, gás e micro geração:

- ✓ nova ligação à rede;
- ✓ conexão de novo consumidor para a rede;
- ✓ ativação do fornecimento de energia;
- ✓ desconexão do abastecimento de energia, após pedido do consumidor;
- ✓ mecanismos de aviso antes de desconexão devido à falta de pagamento;
- ✓ reativação do fornecimento de energia após a desconexão devido à falta de pagamento;
- ✓ informações de interrupções de energia planejadas;
- ✓ informações durante interrupção não planejada de energia;
- ✓ informações sobre serviços e direitos acerca de conexão e desconexão;
- ✓ pedidos de consumidores relativos à conexão e à desconexão;

³ CEER (C13-RMF-57-03).

- ✓ medidas de segurança e de emergência.

Essa consulta demonstra a preocupação dos reguladores europeus com a melhoria contínua da qualidade dos serviços comerciais, principalmente em relação às informações repassadas pelas distribuidoras aos consumidores, quando da solicitação de determinado serviço, bem como ao tempo de resposta às solicitações e às reclamações dos consumidores.

Na Europa (ENGINEROOM, 2012; CEER, 2011), a regulamentação da qualidade comercial é baseada em dois tipos de padrão principais e dois tipos complementares. Os padrões principais são:

- ✓ Padrões Garantidos (GS): padrões mínimos de qualidade do serviço estabelecidos pelo regulador para cada tipo de serviço (ex. estimativa de custo da ligação nova, tempo de realização da ligação). Se a empresa não fornecer o nível de serviço estabelecido, deverá compensar o(s) consumidor(es) afetado(s);
- ✓ Padrões Gerais (OS): padrões de qualidades coletivos definidos para serviços que envolvam um volume de trabalho para atender a um conjunto de consumidores (ex. conectar 90% dos novos consumidores em até 20 dias úteis). Nesse caso, o não cumprimento pode acarretar penalidades, a exemplo da aplicação de penalidade por violação ao DEC e ao FEC que vigorou no Brasil até 2010 (BARBOSA e CARVALHO, 2017; BARBOSA, CARVALHO e LOPES, 2005).

Os Padrões Complementares são:

- ✓ Outros Requisitos (OAR): além dos padrões GS e OS, o regulador pode determinar padrões mínimos de qualidade para serviços específicos. O não cumprimento pode acarretar sanções, como a redução de um percentual na tarifa paga pelo consumidor pelo não cumprimento à meta de universalização do atendimento;
- ✓ Monitoramento (OM): o regulador pode monitorar a *performance* dos serviços prestados aos consumidores, informando-os sobre os níveis de serviços prestados pelas distribuidoras, a exemplo do *ranking* da qualidade do serviço.

De acordo com USP - Enerq (2013), de forma geral, os indicadores que tratam desse tema não apresentam uniformidade na literatura. Assim, devido à dificuldade de padronização de cada indicador, para efeito comparativo, as comparações serão realizadas por grupo (Grupo 1 – Conexão; Grupo 2 - Atendimento ao Consumidor; 3 - Serviços Técnicos e Grupo 4 - Medição e Faturamento). Nesse caso, serão adotados como referência os grupos utilizados pela CEER (2011).

No Brasil, a Resolução Normativa nº 414/2010 define as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma consolidada (ANEEL, 2010). Essa Resolução abrange as unidades consumidores do Grupo A – unidades conectadas em tensão igual ou acima de 2.3 kV ou por circuitos subterrâneos – e do Grupo B – unidades conectadas com tensão abaixo desse valor.

Passa-se a seguir, à descrição dos indicadores relativos à qualidade comercial existentes na legislação internacional e na do Brasil:

2.1.2.1.1.1 Grupo 1 – Conexão

Os Quadros 2.1 e 2.2 apresentam, a seguir, os principais indicadores referentes à conexão do consumidor:

Quadro 2.1- Indicadores referentes à conexão do consumidor na CERR.
Fonte: (USP - ENERQ, 2013), modificado.

CEER - Europa	
INDICADOR	PADRÃO
I.1 Tempo de resposta à solicitação do cliente para conexão de rede	16 dias (var 8-30)
I.2 Tempo para a estimativa de custo para conexão simples	14 dias (var 5-35)
I.3 Tempo para ligação de novos clientes a rede	11 dias (var 2 dias úteis - 18 semanas)
I.4 Tempo para desconexão solicitado pelo cliente	5 dias úteis (var 5-8)

Quadro 2.2 - Indicadores referentes à conexão do consumidor no Brasil.
 Fonte: (USP - ENERQ, 2013).

Brasil	
INDICADOR	PADRÃO
Prazo máximo de vistoria de UC, área urbana	3 dias úteis
Prazo máximo de vistoria de UC, área rural	5 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo B, área urbana, a partir da data da aprovação das instalações	2 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo B, área rural, a partir da data da aprovação das instalações	5 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo A, a partir da data da aprovação das instalações	7 dias úteis
Prazo máximo para elaborar estudos, orçamentos e projetos e informar ao interessado, por escrito, quando da necessidade de realização de obras para viabilização do fornecimento	30 dias
Prazo máximo de início de obras, satisfeitas, pelo interessado, as condições estabelecidas na legislação e normas aplicáveis	45 dias
Prazo máximo para informar ao interessado o resultado da análise do projeto após sua apresentação.	30 dias
Prazo máximo para reanálise do projeto quando de reprovação por falta de informação da distribuidora na análise anterior.	10 dias

Registra-se que a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 670, de 14 de julho de 2015, com pequenas alterações na Resolução Normativa nº 414/2010. No entanto, como os dados já estavam incorporados à Tese, eles não foram atualizados.

A partir dos Quadros anteriores, podem ser destacados os seguintes pontos para a conexão da unidade consumidora:

- a) sem necessidade de obras: no Brasil, para UC do grupo B, em regiões urbanas, o tempo total da conexão da unidade consumidora é de 5 dias úteis. Na CEER (2011), o tempo total para conexão da UC pode variar de 10 dias (Hungria e Eslovênia) a 18 semanas (Holanda) (USP - ENERQ, 2013);

b) com necessidade de obras: no Brasil o tempo total pode variar de 75 a 105 dias. Na CEER (2011), o tempo para conexão da UC pode variar de 5 dias (Espanha) a 18 semanas (Holanda).

2.1.2.1.1.2 Grupo 2 - Atendimento ao Consumidor

Os Quadros 2.3 e 2.4 apresentam os principais indicadores referentes às solicitações/reclamações do consumidor:

Quadro 2.3 - Indicadores referentes às principais solicitações/reclamações do consumidor na CERR.

Fonte: (USP - ENERQ, 2013), modificado.

CEER - Europa	
INDICADOR	PADRÃO
II.1 Pontualidade nos contatos com os clientes	2,5 horas (var 0,5-4)
II.2 Tempo de resposta às reclamações ou solicitações dos clientes (incluído II.2a e II.2b)	15 dias (var 5-40)
II.2a Tempo para responder a reclamação de tensão	18 dias (var 5-60)
II.2b Tempo para responder a reclamação de interrupção	15 dias (var 7-21)
II.3 Tempo de resposta às perguntas em relação aos custos e pagamentos (excluindo conexão)	13 dias (var 5-40)

Quadro 2.4- Indicadores referentes às principais solicitações/reclamações do consumidor no Brasil.

Fonte: (USP - ENERQ, 2013).

Brasil	
INDICADOR	PADRÃO
Prazo máximo para informar por escrito ao consumidor a relação de todos os seus atendimentos comerciais.	30 dias
Prazo máximo para informar por escrito ao consumidor o resultado da solicitação de ressarcimento de dano elétrico, contados a partir da data da verificação ou, na falta desta, a partir da data da solicitação de ressarcimento.	15 dias

A partir dos Quadros anteriores, podem ser destacados os seguintes pontos relativos ao atendimento ao consumidor:

- a) na CEER (2011), a pontualidade é o indicador mais importante relativo ao atendimento ao consumidor. Agenda-se dia e hora previamente acordada entre empresa e consumidor;
- b) tanto no Brasil quanto na CEER, os padrões tempo de resposta às reclamações ou às informações solicitadas são semelhantes. Destaca-se no Brasil mais detalhamento na regulação com a implantação dos indicadores DER e FER, discutidos adiante.

2.1.2.1.1.3 Grupo 3 – Serviço Técnico

Os Quadros 2.5 e 2.6 apresentam os principais indicadores referentes aos serviços técnicos prestados aos consumidores:

Quadro 2.5- Indicadores referentes aos serviços técnicos prestados aos consumidores na CERR.

Fonte: (USP - ENERQ, 2013), modificado.

CEER - Europa	
INDICADOR	PADRÃO
III.1 Tempo entre a data da resposta à reclamação de tensão de fornecimento e a solução do problema	6 meses (var 1-24)
III.2 Tempo até o início da restauração do fornecimento após falha de fusível no sistema	4 horas (var 3-24)
III.3 Tempo para informar com antecedência uma interrupção planejada	2 dias (var 1-15)
III.4 Tempo até a restauração da fonte em caso de interrupção não planejada	12 horas (var 1-24)

Quadro 2.6 - Indicadores referentes aos serviços técnicos prestados aos consumidores no Brasil

Fonte: (USP - ENERQ, 2013).

Brasil	
INDICADOR	PADRÃO
Prazo máximo para verificação de equipamento em processo de ressarcimento de dano elétrico	10 dias
Prazo máximo para verificação de equipamento utilizado no acondicionamento de alimentos perecíveis ou de medicamentos em processo de ressarcimento de dano elétrico.	1 dia útil
Prazo máximo para regularizar a tensão de fornecimento, quando as medições de tensão realizadas por amostragem ou reclamações ultrapassarem o padrão de tensão precário. (PRODIST - Mod. 8)	90 dias
Prazo máximo para regularizar a tensão de fornecimento, quando as medições de tensão realizadas por amostragem ou reclamações ultrapassarem o padrão de tensão crítico. (PRODIST - Mod. 8)	15 dias

A partir dos Quadros anteriores, podem ser destacados os seguintes aspectos relativos aos serviços técnicos prestados aos consumidores:

- a) tempo para a regularização da tensão de fornecimento: no Brasil, a ANEEL estabeleceu os níveis precário e um crítico na tensão de fornecimento, conforme detalhes apresentados adiante. O tempo total para a solução do problema de tensão precária é de 90 dias e para a de tensão crítica é de 15 dias (ANEEL, 2017). Na (CEER, 2011), constado o problema de tensão, é executada solução provisória, até que seja realizada a definitiva. O tempo máximo para a solução definitiva é de 6 meses;
- b) tempo para início do restabelecimento da interrupção de energia: na CEER (2011), quando a interrupção for originada na rede da distribuidora, o tempo de início do restabelecimento da falta de energia é de 4 horas, em média. Há variação entre áreas urbana e rural, entre tamanhos de municípios ou entre níveis de tensão. Já o tempo para o aviso de interrupção programada é, em média, de 2 dias;
- c) tempo para a restauração da interrupção não programada: na CEER (2011), quando a interrupção for de responsabilidade da distribuidora, o tempo de restabelecimento é de 12 horas, em média;

d) ressarcimento de danos elétricos: no Brasil, existe todo um procedimento previsto em norma que trata do ressarcimento de danos elétricos a consumidor de baixa tensão (ANEEL, 2010). Na CEER (2011), não existe esse serviço prestado pelas distribuidoras em caso de queima de equipamento do consumidor causados pela rede elétrica.

2.1.2.1.1.4 Grupo 4 - Medição e Faturamento

Os Quadros 2.7 e 2.8 apresentam, a seguir, os principais indicadores referentes à medição e ao faturamento de unidade consumidora:

Quadro 2.7 - Indicadores referentes à medição e ao faturamento de unidade consumidora na CERR.

Fonte: (USP - ENERQ, 2013), modificado.

CEER - Europa	
INDICADOR	PADRÃO
IV.1 Tempo para inspeção de medidor em caso de falha do medidor	10,5 dias (var 10-30)
IV.2 Tempo de aviso prévio para pagar até desconexão	15 dias (var 8-28)
IV. 3 Tempo para restauração da fonte de alimentação após a desconexão, devido à falta de pagamento	(var 1dia - 8dias úteis)
IV. 4 Número anual de leituras do medidor pela empresa designada	1 por ano (var 0,33-365)

Quadro 2.8 - Indicadores referentes à medição e ao faturamento de unidade consumidora no Brasil.

Fonte: (USP - ENERQ, 2013).

Brasil	
INDICADOR	PADRÃO
Prazo máximo para o atendimento de solicitações de aferição dos medidores e demais equipamentos de medição.	30 dias
Prazo máximo para religação sem ônus para o consumidor quando constatada a suspensão indevida do fornecimento.	4 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação para UC localizada em área urbana, quando cessado o motivo da suspensão.	24 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação para UC localizada em área rural, quando cessado o motivo da suspensão.	48 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação de urgência em área urbana, quando cessado o motivo da suspensão.	4 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação de urgência em área rural, quando cessado o motivo da suspensão.	8 horas
Prazo máximo para efetuar o ressarcimento de dano elétrico ao consumidor por meio do pagamento em moeda corrente, ou o conserto ou substituição do equipamento danificado, após a informação ao consumidor do resultado da solicitação de ressarcimento de dano elétrico.	20 dias

A partir dos Quadros anteriores, podem ser destacados os seguintes aspectos relativos à medição e ao faturamento de unidade consumidora:

- a) reclamação da medição da unidade consumidora: no Brasil o tempo é de até 30 dias. Na CEER (2011), o tempo médio para a empresa inspecionar a medição após reclamação do consumidor é de 10,5 dias;
- b) prazo de suspensão do fornecimento: no Brasil, no caso de inadimplência do consumidor, esse deve ser comunicado com antecedência mínima de 15 dias. Na CEER (2011), o tempo médio é de 15 dias;
- c) prazo de religação: no Brasil, o prazo é de 4 horas para a religação de urgência e de 48 horas para a normal. Na CEER (2011), o padrão para restabelecimento de energia varia de 1 a 8 dias úteis.

Na América do Norte, devido à desregulamentação do Setor Elétrico, os reguladores⁴ estabelecem padrões mínimos para a confiabilidade do serviço ou a qualidade do atendimento aos consumidores. Esses padrões variam entre reguladores e têm importância significativa, pois, dependendo da política regulatória local, orientam as definições do planejamento tarifário.

Os padrões mínimos para a confiabilidade do serviço ou a qualidade do atendimento aos consumidores são utilizados na composição de índices de qualidade do serviço (SQIs – *Service Quality Indexes*). A depender da política regulatória local, os SQIs são utilizados, para justificar a aplicação de penalizações financeiras às empresas distribuidoras de energia elétrica, caso aspectos relevantes do serviço fiquem aquém dos níveis aceitáveis definidos pelos padrões mínimos.

Na América do Norte, os reguladores têm dado mais atenção a questões relacionadas à qualidade comercial. Na última década, os reguladores têm focado de forma mais abrangente em questões que afetam os consumidores. Por meio de esforços contínuos e estratégicos para

⁴ estaduais/provinciais.

melhoria, as concessionárias têm focado em atingir expectativas específicas dos consumidores. Diversas distribuidoras promoveram melhorias significativas e amplas na infraestrutura de atendimento aos clientes por meio, por exemplo, da implantação de sistemas de gerenciamento de faturamento, da oferta de produtos e serviços, da ampliação e da melhoria dos meios de comunicação e do relacionamento com os clientes. Tais esforços necessitam de investimento substancial. Com o intuito de garantir a melhoria de desempenho, diversos órgãos reguladores passaram a solicitar indicadores de desempenho relacionados à satisfação dos consumidores como parte da avaliação do desempenho da qualidade da energia das distribuidoras. Além disso, a qualidade comercial precária conduz a um aumento das reclamações às comissões públicas, indicando a necessidade dos reguladores de se envolverem mais ativamente de modo a proteger os consumidores (USP - ENERQ, 2013).

A Figura 2.2 ilustra os tipos de serviços relacionados à qualidade comercial que são mais frequentemente solicitados pelas distribuidoras norte-americanas. Conforme pode ser observado, os indicadores observados envolvem reclamações dos consumidores, abandono de ligações telefônicas, velocidade média de resposta, notificações de interrupção de fornecimento, dentre outros:

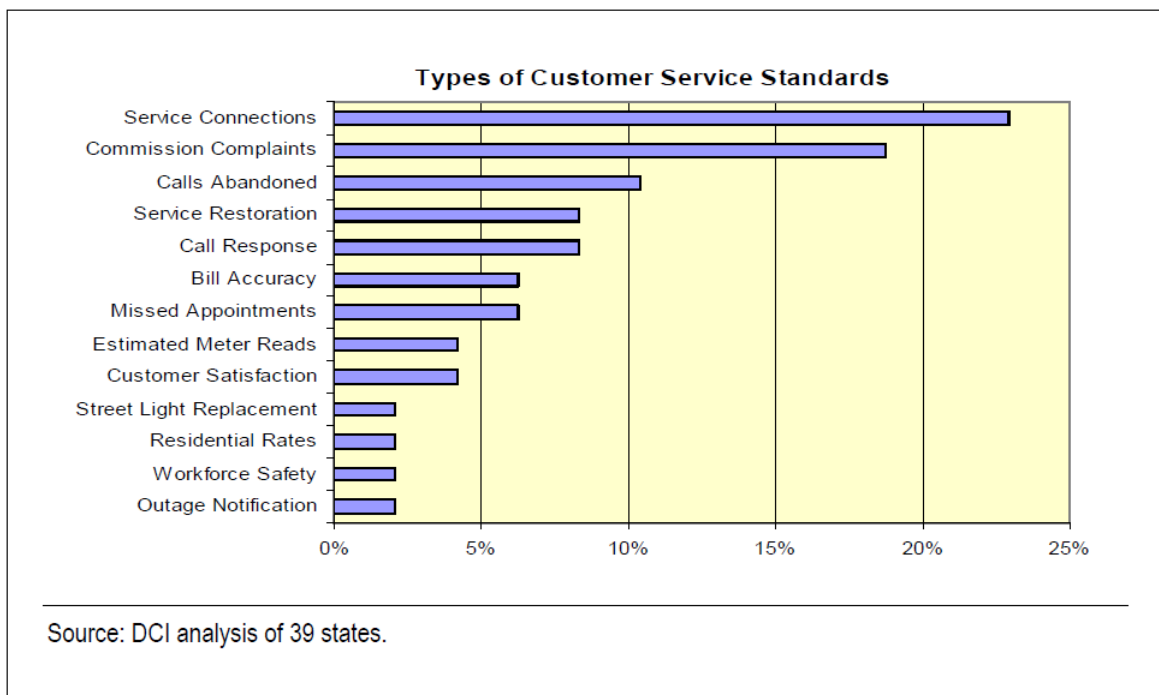


Figura 2.2 – Distribuição das reclamações em 39 estados dos EUA.
 Fonte: (INSTITUTE e DAVIES CONSULTING, 2005).

2.1.2.2 Qualidade da tensão

Problemas na qualidade de tensão dizem respeito a uma variedade de perturbações na tensão e desvios na magnitude ou na forma de onda da tensão a partir dos valores limites (CENELEC, 1999). Segundo López, Glachant e Pérez (2008),

Os fenômenos técnicos relevantes são as perdas e variações na frequência da rede, flutuações na magnitude da tensão (*flicker*), variações de tensão de curta duração (quedas, ondulações e interrupções curtas), variações de tensão de longa duração (regulação de tensão), transitórios (sobretensões transitórias temporárias) e distorção da forma de onda (harmônicos). Cada um desses distúrbios tem uma unidade de medida específica. A regulação de tensão é, de longe, o recurso de qualidade mais importante em qualidade de energia.

Nesse sentido, este trabalho enfoca a qualidade da tensão em relação apenas aos problemas de conformidade de tensão, pois mede as variações de tensão de longa duração. A conformidade da tensão refere-se à comparação do valor de tensão obtido por medição apropriada, no ponto de conexão, em relação aos níveis de tensão especificados, no intervalo de tempo de 10 minutos, durante 7 dias (ANEEL, 2017). Os instrumentos regulatórios focam em indicadores tais como a frequência de eventos ou a distância em relação ao valor nominal. Segundo Tanure (2000), a conformidade caracteriza-se pelo grau de perfeição com que a onda de tensão é disponibilizada aos consumidores.

2.1.2.2.1 Indicadores usados internacionalmente e no Brasil

O American National Standards Institute – ANSI administra e coordena a normalização voluntária dos Estados Unidos. A norma de qualidade da energia desse órgão é a ANSI C84.1-2011 (2011), que estabelece valores nominais de tensão e tolerâncias operacionais para sistemas de 100 V a 1.200 kV em 60Hz, não incluindo a variação momentânea de tensão (UFU - FAU, 2014).

Esse documento apresenta a classificação de tensão em de serviço e de tensão de utilização. A primeira é a tensão no ponto em que o sistema elétrico do fornecedor se conecta à unidade consumidora e a segunda é a tensão nos terminais de linha de equipamento de utilização. Portanto, considerando tensões nominais, os intervalos recomendados de acordo com a ANSI (2011) estão indicados no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 - Faixa de utilização de tensão ANSI C84.1-2011

Fonte: (UFU - FAU, 2014)

	Tensão Nominal (kV)	Tensão de Serviço				Tensão de Utilização			
		Ideal		Aceitável		Ideal		Aceitável	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Baixa Tensão	$0,12 < U \leq 0,6$	95%	105%	91,6%	106%	91,6%	105%	88%	106%
Média Tensão	$0,6 < U \leq 69$	97,5 %	105%	90,0%	106%	90,0%	105%	86%	106%
Alta Tensão	$115 < U \leq 230$	----	105%	----	----	----	105%	----	----

Outro regulamento é o europeu CENELEC EN 50160 (1999). Essa norma define as principais características a serem atendidas pela tensão nos terminais de suprimento das unidades consumidoras nos níveis de distribuição. Essa norma estabelece, entre outros, os indicadores relativos à tensão em regime permanente.

Os limites definidos para esse indicador estão apresentados no Quadro 2.10. Assim, deve-se destacar que, durante o período de medição de uma semana, 95% dos valores integralizados ao longo de períodos de 10 min devem estar situados dentro dos limites estabelecidos.

Quadro 2.10 - Limites para variação na tensão em regime permanente (CENELEC, 1999)

Fonte: (UFU - FAU, 2014).

Baixa tensão	Média tensão	Alta tensão
Tensão nominal $\pm 10\%$	Tensão nominal $\pm 10\%$	Tensão nominal $\pm 10\%$

No Brasil, a ANEEL (2017) fixa os limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente, os indicadores individuais e coletivos de conformidade de tensão elétrica, os critérios de medição, de registro e prazos para compensação ao consumidor, caso as medições de tensão excedam os limites dos indicadores.

A tensão em regime permanente deve ser avaliada por meio de um conjunto de leituras obtidas por medição apropriada, de acordo com a metodologia descrita para os indicadores individuais e coletivos, nas seguintes modalidades: a) eventual, por reclamação do consumidor ou por determinação da fiscalização da ANEEL; b) amostral, por determinação

da ANEEL, de acordo com sorteio realizado para cada trimestre; ininterrupta, por meio do sistema de medição de que trata a Resolução Normativa n° 502/2012⁵.

Com relação aos valores de referência, a) os valores de tensão obtidos por medições devem ser comparados a essa tensão, a qual deve ser a tensão nominal ou a contratada, de acordo com o nível de tensão do ponto de conexão; b) os valores nominais devem ser fixados em função dos níveis de planejamento do sistema de distribuição de modo que haja compatibilidade com os níveis de projeto dos equipamentos elétricos de uso final.

A tensão de atendimento associada às leituras deve ser classificada segundo faixas em torno da tensão de referência (T_R) - Apêndice A -, conforme a Figura 2.3:

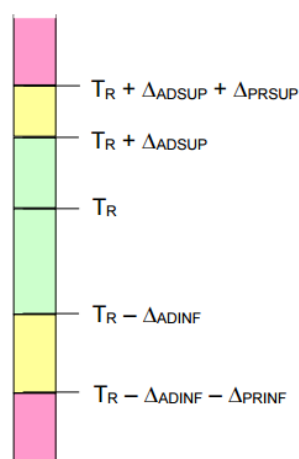


Figura 2.3 - Faixas de tensão em relação à de referência
Fonte: (ANEEL, 2017)

Onde:

- a) Tensão de Referência (T_R);
- b) Faixa Adequada⁶ de Tensão ($T_R - \Delta_{ADINF}$, $T_R + \Delta_{ADSUP}$);
- c) Faixas Precárias⁷ de Tensão ($T_R + \Delta_{ADSUP}$, $T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$ OU $T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$, $T_R - \Delta_{ADINF}$);
- d) Faixas Críticas de Tensão ($>T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$ OU $<T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$)

⁵ O sistema de medição das unidades consumidoras enquadradas na modalidade tarifária branca deve apurar, observando a regulamentação técnica metrológica específica, o consumo de energia elétrica ativa em pelo menos quatro postos tarifários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto.

⁶ Δ_{ADINF} – faixa adequada inferior; Δ_{ADSUP} – faixa adequada superior.

⁷ Δ_{PRINF} – faixa precária inferior; Δ_{PRSUP} – faixa precária superior.

O conjunto de leituras para gerar os indicadores individuais deverá compreender o registro de 1008 leituras válidas obtidas em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos cada, salvo as que eventualmente sejam expurgadas. No intuito de se obterem 1008 leituras válidas, intervalos adicionais devem ser agregados, sempre consecutivamente.

2.1.2.3 Continuidade do fornecimento

De maneira geral, a duração e a frequência das interrupções são os principais parâmetros que medem o desempenho das distribuidoras, no tocante à qualidade da continuidade, por causarem prejuízos à sociedade.

A continuidade do fornecimento de energia elétrica caracteriza-se por ser serviço com aspecto técnico. Ele foca nos eventos em que a tensão no consumidor cai para zero⁸. A continuidade do fornecimento caracteriza-se por duas dimensões: a frequência e a duração das interrupções de energia elétrica; portanto, os instrumentos regulatórios focam nesses aspectos.

Interrupções no fornecimento ao consumidor dependem, fundamentalmente, da confiabilidade do sistema elétrico de potência. Esse sistema começa com a geração, passando pelos sistemas de transmissão e distribuição e, finalmente, as instalações do consumidor. A Figura 2.4 ilustra essa cadeia:

⁸ De acordo com a Norma Europeia EN 50160, a interrupção do suprimento é a condição em que a tensão nos terminais da unidade consumidora é menor que 1% da tensão declarada. A tensão declarada é normalmente a tensão nominal do sistema (isto é, a tensão em que o sistema é identificado), a menos que uma tensão diferente seja aplicada, por meio de um acordo entre o supridor e o suprido (CENELEC, 1999).

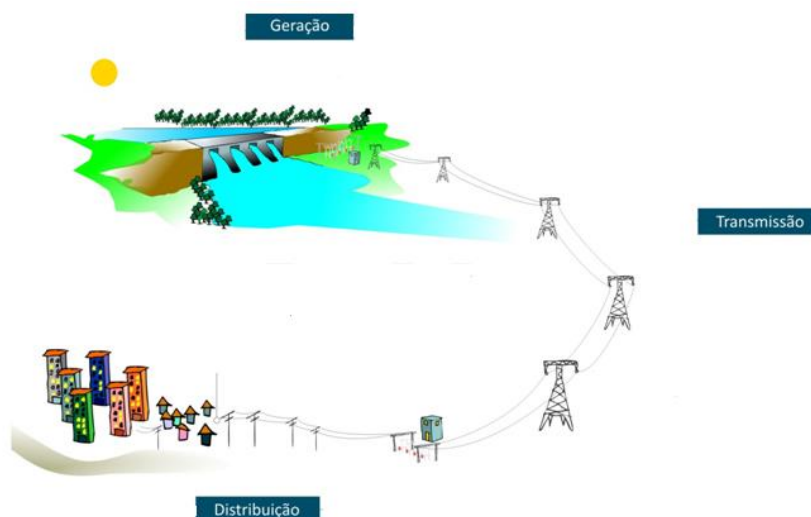


Figura 2.4 – Cadeia de fornecimento de energia elétrica ao consumidor.
 Fonte: ANEEL.

2.1.2.3.1 Indicadores de continuidade usados internacionalmente

Vários indicadores são utilizados, para avaliar a continuidade do fornecimento de energia elétrica. Os indicadores conhecidos internacionalmente são chamados de SAID, SAIF e CAID (IEEE, 2003).

Os EUA e o Canadá adotam o padrão internacional IEEE 1366 de 2003 (IEEE, 2003). Esse padrão apresenta um conjunto de termos e definições que possibilita a padronização dos indicadores de qualidade da energia. Os países membros da Council of European Energy Regulators - CEER (CEER, 2011) utilizam vários dos indicadores de continuidade expostos na norma do IEEE. Apesar das nomenclaturas diferentes, apresentam significados semelhantes.

Dentre os vários fenômenos da qualidade da energia elétrica, estão as interrupções de longa duração. A duração mínima dessas interrupções é classificada como de longa duração para cálculos dos indicadores de qualidade e depende da norma adotada em cada região – três minutos na grande maioria da Europa (CEER, 2011) e cinco minutos, na maioria dos EUA e do Canadá (IEEE, 2003). A seguir, nas Tabela 2.1 e Tabela 2.2, são apresentados os indicadores de continuidade utilizados internacionalmente (IEEE, 2003):

Tabela 2.1- Descrição dos indicadores de continuidade do IEEE
 Fonte: (PEREZ, 2012)

Indicadores IEEE Std 1366 –2003	Definição
SAIDI <i>System Average Interruption Duration Index</i>	$\frac{\sum r_i \cdot N_i}{N_T} = \frac{\sum \text{Produto duração} \times \text{clientes interrompidos por evento}}{\text{Número total de clientes}}$
SAIFI <i>System Average Interruption Frequency Index</i>	$\frac{\sum N_i}{N_T} = \frac{\sum \text{Clientes interrompidos por evento}}{\text{Número total de clientes}}$
CAIDI <i>Customer Average Interruption Duration Index</i>	$\frac{\sum r_i \cdot N_i}{\sum N_i} = \frac{\sum \text{Produto duração} \times \text{clientes interrompidos}}{\text{Somatória de clientes interrompidos}}$
CTAIDI <i>Customer Total Average Interruption Duration Index</i>	$\frac{\sum r_i \cdot N_i}{CN} = \frac{\sum \text{Produto duração} \times \text{clientes interrompidos}}{\text{Número total de clientes interrompidos}}$
CAIFI <i>Customer Average Interruption Frequency Index</i>	$\frac{\sum N_i}{CN} = \frac{\sum \text{Somatória de clientes interrompidos}}{\text{Número total de clientes interrompidos}}$
ASAI <i>Average Service Availability Index</i>	$\frac{N_T \cdot \left(\frac{\text{horas}}{\text{ano}}\right) - \sum r_i \cdot N_i}{N_T \cdot \left(\frac{\text{horas}}{\text{ano}}\right)} = \frac{\text{Horas de disponibilidade de serviço para os clientes}}{\text{Horas totais de serviço demandadas pelos clientes}}$
CEMI_n <i>Customers experiencing multiple interruptions</i>	$\frac{CN_{k>n}}{N_T} = \frac{\text{Número total de clientes com mais de n interrupções de longa duração}}{\text{kVA total conectado}}$
ASIDI <i>Average System Interruption Duration Index</i>	$\frac{\sum r_i \cdot L_i}{L_T} = \frac{\sum \text{Produto Duração} \times \text{cargas kVA interrompidas}}{\text{kVA total conectado}}$
ASIFI <i>Average System Interruption Frequency Index</i>	$\frac{\sum L_i}{L_T} = \frac{\sum \text{Cargas kVA interrompidas}}{\text{kVA total conectado}}$

Onde:

- i = Representa cada evento de interrupção.
- r_i = Tempo de restauração do fornecimento para cada interrupção.
- N_i = Número de clientes interrompidos para cada interrupção de longa duração no período considerado.
- N_T = Número total de clientes na área.
- CN = Número total de clientes que sofreram interrupções de longa duração no período considerado.
- $CN_{k>n}$ = Número total de clientes que sofreram mais de 'n' interrupções de longa duração no período considerado.
- L_i = Carga conectada, em kVA, para cada evento.
- L_T = Carga total, em kVA, na área.

Tabela 2.2 - Descrição dos indicadores de continuidade na Europa
 Fonte: (PEREZ, 2012)

Outros Indicadores Usados na Europa	Descrição
GMI <i>Customer Minutes Lost</i>	É usado no Reino Unido como sinônimo de SAIDI.
CI <i>Customer Interruptions</i>	É usado no Reino Unido, se calcula com a mesma equação do SAIFI, mas se expressa em número de interrupções por cada 100 consumidores.
ENS <i>Energy Not Supplied</i>	Calcula o total de energia não fornecida aos usuários que sofreram interrupções: $\sum E_i$ E_i = Energia não fornecida a cada usuário.
TIEPI <i>Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada</i>	É usado na Espanha e Portugal, e, igual ao SAIDI, calcula a duração média das interrupções do sistema: $\frac{\sum S_i \cdot r_i}{S_T}$ S_i = Potência instalada nos centros de transformação de MT/BT mais a potência contratada de MT afetada pela interrupção. r_i = Duração da interrupção. S_T = Somatória da potência instalada de todos os centros de transformação de MT / BT da distribuidora mais o total da potência contratada em MT.
NIEPI <i>Número de interrupciones equivalente de la potencia instalada</i>	É usado na Espanha como alternativa do SAIFI para quantificar a média das interrupções do sistema: $\frac{\sum S_i}{S_T}$ S_i = Potência instalada nos centros de transformação de MT/BT mais a potência contratada de MT afetada pela interrupção. S_T = Somatória da potência instalada de todos os centros de transformação de MT / BT da distribuidora mais o total da potência contratada em MT.
END <i>Energy Not Distributed</i>	Energia que não é fornecida aos usuários anualmente: $\frac{E_T \cdot TIEPI}{T}$ E_T = Fluxo de energia total no sistema de distribuição no ano. T = Número de horas do ano.
AIT <i>Average Interruption Time</i>	Indicador de qualidade do serviço da transmissão de energia. Mede o tempo que o fornecimento de energia ficou interrompido: $AIT = \frac{60 \cdot \sum E_i}{P_T}$ E_i = Energia não fornecida a cada usuário [MWh]. P_T = Potência média fornecida pelo sistema [MW].
AIF <i>Average Interruption Frequency</i>	Indicador de qualidade do serviço da transmissão de energia. Mede o número de vezes que o fornecimento de energia ficou interrompido: $AIF = \frac{\sum P_i}{P_T}$ P_i = Potência interrompida em cada evento [MW]. P_T = Potência média fornecida pelo sistema [MW].
AID <i>Average Interruption Duration</i>	Indicador de qualidade do serviço da transmissão de energia. Mede a duração média das interrupções: $AID = \frac{60 \cdot \sum E_i}{\sum P_i}$ E_i = Energia não fornecida a cada usuário [MWh]. P_i = Potência interrompida em cada evento [MW].
SARI <i>System Average Restoration Index</i>	Usado em Portugal, quantifica a duração média de uma interrupção. É calculado separadamente para a rede de transmissão considerando os pontos de entrega da energia: $SARI = \frac{\sum r_i}{NI}$ r_i = Duração da interrupção. NI = Número total de interrupções.

2.1.2.3.2 Indicadores utilizados no Brasil

No módulo de qualidade do serviço do PRODIST (Módulo 8), são estabelecidos padrões, responsabilidades e metodologia aplicada na apuração dos indicadores de continuidade, considerando, entre outras, as interrupções de longa duração, ou seja, aquelas iguais ou superiores a três minutos. A regulamentação considera os períodos de apuração mensal, trimestral e anual. São apurados tanto indicadores individuais quanto coletivos de qualidade de fornecimento de energia elétrica. Indicadores coletivos são relacionados com conjuntos elétricos de cada distribuidora, definidos por subestação. Há também os indicadores coletivos globais de qualidade para cada distribuidora calculados a partir dos indicadores dos conjuntos de consumidores.

A Tabela 2.3 apresenta a descrição dos indicadores individuais, segundo o PRODIST, que são apurados para cada uma das unidades consumidoras, assim como as fórmulas para o cálculo desses indicadores:

Tabela 2.3 - Indicadores de continuidade do serviço individuais no Brasil
Fonte: (PEREZ, 2012)

Indicadores Individuais	Fórmula	Descrição
DIC <i>Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$DIC = \sum_{i=1}^n t(i)$	Indica o intervalo de tempo acumulado que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão ocorreu interrupção da distribuição de energia elétrica, em horas e centésimos de hora.
FIC <i>Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$FIC = n$	Indica o número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão.
DMIC <i>Duração Máxima de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$DMIC = t(i) \max$	Indica o intervalo de tempo máximo e contínuo em que ocorreu interrupção da prestação de serviço em uma unidade ou instalação, no período de apuração, em horas e centésimos de hora.
DICRI <i>Duração da Interrupção Individual ocorrida em dia crítico por Unidade Consumidora</i>	$DICRI = t_{crítico}$	Representa o tempo de cada interrupção ocorrida em dia crítico que afetou uma unidade consumidora ou ponto de conexão. Esse indicador é apurado por interrupção, em horas e centésimos de hora.

Onde:

- i = Índice de interrupções da unidade consumidora no período de apuração, varia de 1 a n .
- n = Número de interrupções da unidade consumidora considerada no período de apuração
- $t(i)$ = Duração de cada interrupção (i) da unidade consumidora considerada no período de apuração.
- $t(i)\max$ = Tempo da máxima duração de interrupção contínua (i) no período de apuração, na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas.
- $t_{crítico}$ = Duração da interrupção ocorrida em dia crítico.

A Tabela 2.4 mostra a descrição e a fórmula para o cálculo dos indicadores coletivos que deverão ser apurados para cada conjunto de unidades consumidoras, nos períodos de apuração mensal, trimestral e anual:

Tabela 2.4 - Indicadores de continuidade do serviço coletivos no Brasil
 Fonte: (PEREZ, 2012).

Indicadores Coletivos	Fórmula	Descrição
<i>DEC</i> Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c}$	Indica o intervalo de tempo, em média, em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em cada unidade consumidora do conjunto considerado, no período de apuração, em horas.
<i>FEC</i> Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c}$	Indica o número de vezes, em média, em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em cada unidade consumidora do conjunto considerado, no período de apuração.

Onde:

i = Índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto.

C_c = Número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração (mensal, trimestral ou anual), atendidas em BT ou MT.

As referências internacionais recomendam a adoção de não mais do que dois a três indicadores para a regulação dessa dimensão. Há predominância na utilização de indicadores relacionados com a ocorrência de longas interrupções, pelo elevado grau de correlação desses com a satisfação dos consumidores. A maioria dos países tem políticas de incentivos/penalidades baseadas no System Average Interruption Duration Index – SAIDI e System Average Interruption Frequency Index - SAIFI, incluindo o Brasil (USP - ENERQ, 2013).

Passa-se agora a analisar os conceitos da regulação econômica envolvendo a qualidade dos serviços em mercados caracterizados por monopólio natural, como é o caso do sistema de distribuição.

2.2 ASPECTOS CONCEITUAIS DA REGULAÇÃO DA QUALIDADE

A indústria de eletricidade em todo o mundo vivenciou importantes mudanças durante a década de 1990. Como parte das iniciativas de reforma, modelos baseados em incentivos completaram ou substituíram os modelos tradicionais de regulação de taxa de retorno (custo de serviço) nas atividades de monopólio natural (AJODHIA e HAKVOORT, 2005; AJODHIA, VIRENDRA e MALAMAN, 2006; GIANNAKIS, JAMASB e POLLITT, 2005; TER-MARTIROSYAN e KAWOKA, 2010).

Modelos de regulação de incentivos têm sido utilizados em todo o mundo, para reduzir custos por meio de ganhos de eficiência em atividades de monopólio natural, em

complementação ou substituição ao modelo de taxa de retorno, considerado o mais convencional desses.

Nesse contexto, a desregulamentação visa assegurar transição harmoniosa para um ambiente concorrencial, que garanta condições de igualdade de acesso ao mercado e defina regras claras do jogo entre operadores concorrentes (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008).

A regulação enfrenta assim o problema de encontrar o equilíbrio entre a expansão da capacidade ótima, o que requer a cobertura dos custos e dos sinais estáveis, e a utilização otimizada da capacidade, o que exige preços flutuantes (VOGELSANG, 2002).

Reguladores têm enfrentado o desafio de desenvolver modelos regulatórios que atendam às necessidades de diferentes grupos de interesse: os consumidores, as empresas de distribuição, os investidores e a sociedade (VILJAINEN, TAHVANAINEN, *et al.*, 2004):

- 1) do ponto de vista dos consumidores, o modelo regulatório deve protegê-los de preços excessivos de serviços de monopólio. Em outras palavras, os consumidores que dependem dos serviços de monopólio não devem ser onerados além do razoável, e a qualidade dos serviços de monopólio deve ser adequada. Ao agir de acordo com esses princípios, eles requerem preços razoáveis, regras de qualidade da energia e de níveis de qualidade adequadas;
- 2) do ponto de vista das empresas de distribuição, o modelo regulatório deve conceder incentivos para expansão e utilização da capacidade ótima das redes e tratar igualmente as empresas de distribuição. Os incentivos adequados são importantes, para manter as redes de distribuição em condições de fornecer o serviço adequado. Para evitar conflito de incentivos, a direção dos sinais de regulação deve ser consistente com os princípios gerais do planejamento e da operação das redes de distribuição;
- 3) do ponto de vista dos investidores, o modelo regulatório deve proteger os seus direitos, garantindo retornos razoáveis sobre os investimentos. O regulamento não deve enfraquecer a competitividade e a atração da indústria de distribuição. A fim de cumprir esse objetivo, a ênfase deve ser colocada nos métodos utilizados na definição da base de

ativos regulatórios, com retornos razoáveis sobre o capital próprio e o privado, além do baixo risco do negócio;

- 4) do ponto de vista da sociedade, os custos das atividades de regulação devem ser eficientes. O regulador não deve interferir em pequenos detalhes específicos da empresa, e as informações exigidas pelo regulador devem ser relativamente fáceis para as empresas de distribuição produzir.

O objetivo da regulação de qualidade é, entre outros, garantir que o desenvolvimento das redes seja focado em alvos mais racionais do ponto de vista socioeconômico. Isso requer que os problemas de qualidade sejam tratados adequadamente, de modo que cada perspectiva seja considerada. Reguladores enfrentam uma tarefa desafiadora, para identificar soluções adequadas na implementação de esquemas de incentivos de qualidade, tendo em conta as pressões de diferentes grupos de interesse no negócio de distribuição de energia elétrica. A questão da qualidade é, portanto, sensível, porque todas as partes interessadas no processo de decisão têm necessidades diferentes e percepções diferentes em relação ao valor da qualidade.

A missão do regulador é assegurar a modicidade tarifa e a adequada qualidade do fornecimento para os consumidores de monopólio. Esses regulamentos, geralmente, contêm objetivos, para melhorar a eficiência, a fim de diminuir os custos e, conseqüentemente, reduzir as tarifas. Níveis de qualidade adequada são obtidos por meio de investimentos necessários na rede.

De acordo com Gesel (2015), “A tarifa adequada é, na realidade, aquela que satisfaz as condições de equilíbrio econômico-financeiro da empresa, fornece sinais adequados aos consumidores para o uso racional da energia e que também atende os princípios de equidade, justiça, estabilidade e razoabilidade”.

De acordo com a diretiva emitida pelo Conselho Europeu,

[...] os Estados-Membros podem impor às empresas que operam no setor de eletricidade, no interesse econômico geral, obrigações de serviço público relativas à segurança, incluindo segurança de abastecimento, regularidade, qualidade e preço de fornecimentos e proteção do ambiente [...] Essas obrigações devem ser claramente definidas, transparentes, não

discriminatórias, verificáveis [...] (TAHVANAINEN, VILJAINEN, *et al.*, 2007).

Com base nessas expectativas, a qualidade da regulação do fornecimento deve se concentrar em parâmetros importantes para os consumidores e para o controle pelas empresas. Dessa forma, o ótimo socioeconômico é atingido.

O regulamento também tem de ser viável, ou seja, o nível de desempenho tem de ser mensurável pelo regulador. O regulador tem muitas oportunidades para determinar de que forma ele deseja abordar questões de qualidade. Historicamente, várias maneiras, para determinar normas para medição do desempenho das empresas de distribuição têm sido experimentadas: regulação da taxa de retorno, *price-cap* e *benchmarking*.

2.2.1 Regulação por taxa de retorno e qualidade

A regulação por taxa de retorno ou custo do serviço foi o primeiro mecanismo de regulação utilizado, para determinar as tarifas de serviço de eletricidade, com a primeira aplicação nos Estados Unidos. Na taxa de retorno, o regulador define as receitas das empresas. A ideia central é que as tarifas das empresas monopolistas devem ser as que prevaleceriam em um mercado concorrencial, o que é igual a custos eficientes de produção acrescidos de uma taxa de retorno sobre o capital (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008).

A regulação pelo custo do serviço pode estimular a má alocação de recursos e a adoção de métodos produtivos ineficientes, ao permitir a cobertura de todos os custos e assegurar, previamente, uma taxa de retorno atrativa.

As assimetrias de informação entre o regulador e as concessionárias, por sua vez, podem levar à manipulação de dados por parte destas, objetivando a apropriação de lucros extraordinários. Na hipótese de a taxa de retorno estar acima do custo de capital, este critério tarifário dá origem ao efeito Averch e Johnson (“efeito A-J”) (AVERCH e JOHNSON, 1962). Em outras palavras, as empresas são estimuladas a sobre dimensionar investimentos, nem sempre eficientes, pois a sobreutilização do capital proporciona remuneração da taxa de desconto superior à depreciação deste capital, gerando, entre outras coisas, o uso subótimo dos ativos das concessionárias.

A regulação por taxa de retorno incentiva a utilização de tecnologias de capital intensivo, induzindo a uma tarifa baseada no custo médio e não no custo marginal. A tônica é o aumento da capacidade e não a busca de ganhos de produtividade (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008).

Já essa forma de regulação se revela eficiente, quando o sistema enfrenta problemas da falta de investimento, em detrimento da modicidade tarifária e dos ganhos de produtividade. Dessa forma, ocorrendo sobreinvestimentos, existe a tendência natural ao excesso de oferta de qualidade do suprimento (VILJAINEN, S; TAHVANAINEN, K; LASSILA, J; HONKAP, S; PARTANEN, J, 2008).

2.2.2 Regulação por *price-cap*⁹ ou *revenue cap*¹⁰ e qualidade

A regulação *price-cap* ou *revenue cap*, também conhecida como "*Retail Price Index (RPI) - X* fator de eficiência", baseia-se na fixação de um preço-teto (deixando a cargo das empresas reguladas buscarem meios para obter ganhos de economia de escala, enquanto no mecanismo "*revenue cap*" é definida a receita - independente do volume de energia elétrica comercializada), para cada ano, definido com base no RPI, geralmente um índice de inflação, subtraído de um fator de eficiência X. Esse esquema, originalmente proposto por Littlechild (1983), foi implementado na Europa (COSSENT, GÓMEZ e FRÍAS, 2009) e na América Latina (RUDNICK, ARNAU, *et al.*, 2007).

Nesse mecanismo, o regulador estabelece um preço inicial que dura por um período e é ajustado por mudanças na inflação e um fator de mudança de produtividade "X". Assim, as empresas são incentivadas a reduzir os custos no período entre as revisões para aumentar o lucro (JOSKOW, 2008). Esses modelos promovem melhorias de eficiência na ausência de mecanismos de mercado e têm sido usados popularmente na regulação de redes de transmissão e distribuição de eletricidade (JASMAB e POLLITT, 2001), sendo inicialmente introduzidos no Chile (1982), no Reino Unido (1990) e na Noruega (1991), e posteriormente em muitas outras jurisdições, incluindo Austrália e Texas, nos EUA (POLLITT, 2008).

⁹ *price-cap* – é definido o preço-teto. O sistema de distribuição do Brasil é regulado por esse modelo.

¹⁰ *revenue cap* – é definida a receita da empresa. O sistema de transmissão do Brasil é regulado por esse modelo.

Os ganhos de eficiência e produtividade são compartilhados com os consumidores por meio desse fator (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008). Em outras palavras, no primeiro caso, paga-se pelo volume de energia elétrica comercializada e no segundo, pela disponibilidade do ativo.

Como concebido, o fator X se baseia não somente no desempenho passado da empresa, mas no de outras empresas do Setor: X é destinado a ser um substituto do mercado concorrencial, inexistente nos monopólios naturais, como é o caso do setor elétrico de transmissão e distribuição.

Uma característica importante desse regime de regulação é que uma mudança em custos operacionais não necessariamente resultará em uma mudança da tarifa (BERNSTEIN e SAPPINGTON, 1998). Além disso, esse mecanismo aponta que, em caso de qualquer diminuição real de custos em relação à meta de produtividade estabelecida pelo regulador, essa poderá ser apropriada pela firma regulada, por um período estabelecido pelo órgão regulador. Dessa forma, a empresa receberia incentivo à redução de seus custos.

As principais características do regime de preço-teto que motivam sua utilização são as seguintes: (a) incentivos à redução dos custos de produção e aumento da inovação tecnológica das empresas reguladas entre os períodos de revisão tarifária, ou seja, há estímulo à eficiência produtiva; (b) o custo regulatório seria reduzido nos períodos entre as revisões tarifárias, visto que caberia ao regulador aplicar a fórmula de preço-teto, cuja principal dificuldade seria definir o fator X, de forma que o regulador demandaria menos informações dos entes regulados, estando menos sujeito, conseqüentemente, à informação assimétrica e ao risco de captura (SANTIFE e CHACUR, 2010).

De modo geral, a aplicação do Fator X se dá segundo a Equação 2.1. O Fator X deve medir os ganhos de produtividade da indústria em relação ao restante da economia, desde que essa possa ser considerada competitiva:

$$P_{t+1} = P_t \cdot (RPI - X) \quad 2.1$$

Onde:

P_t : Preço em t (ou t+1), em reais;

t: ciclo tarifário;

RPI: índice de preços no varejo em %;
X: ganhos de produtividade relativa em %.

Portanto, esse tipo de regulação surgiu principalmente, para que houvesse melhoria no desempenho das empresas reguladas, por meio da incorporação de prêmios (ou penalidades) além daquelas empregadas na regulação a custo de serviço. A principal diferença para a regulação dita tradicional consiste na separação entre custos e preços. Significa dizer que, mesmo na presença de assimetrias de informação, a firma regulada procurará reduzir seus custos, pois, uma vez que os preços não são determinados pelos custos adicionais incorridos, a firma regulada poderá aumentar o lucro por meio do corte de custos, sem que haja queda automática nos preços.

As evidências indicam que, quando o regulador escolhe as metodologias *price-cap* para regular preços, a qualidade do serviço tende a cair. Como consequência, esses modelos de regulação devem ser complementados por regulação da qualidade do serviço (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007).

Nesse sentido, os reguladores têm procurado resolver esse problema estabelecendo padrões mínimos de confiabilidade ou de qualidade dos serviços aos consumidores. Isso é particularmente importante, pois, os padrões mínimos de qualidade são definidos no momento das revisões tarifárias, normalmente entre 4 ou 5 anos.

Alguns desses padrões são índices de qualidade de serviço, que penalizam as distribuidoras financeiramente por violar os indicadores previamente definidos. Em alguns casos, as recompensações financeiras aos consumidores também são utilizadas, quando os limites dos indicadores são violados.

Os índices de qualidade de serviços são padrões mensuráveis, por meio de um mecanismo de sanção por deficiências; um processo de revisão de desempenho e, de alguma forma, de comunicação para os consumidores. Nesse sentido, as revisões tarifárias das distribuidoras são realizadas, de forma a assegurar que seus ganhos não ocorram às custas da redução da qualidade do serviço ao consumidor.

O desafio do regulador se traduz na definição dos padrões mínimos de qualidade do serviço e no monitoramento contínuo e preciso dos indicadores, de forma que o serviço contratado entre o consumidor e o agente de distribuição seja entregue ao consumidor.

O regime *price-cap* é o modelo de regulação que é utilizado pelo Brasil para o setor de distribuição. Nesse sentido, fixar a qualidade do serviço nesse modelo será objeto de discussão mais adiante.

2.2.3 Regulação por *yardstick competition* e qualidade

Em termos gerais, no mecanismo *yardstick competition*, a regulação das atividades monopolistas é determinada pela comparação (*benchmarking*) dos custos e pelo desempenho das empresas similares ou das empresas de referências, adotada nos casos de monopólio natural (RUDNICK e DONOSO, 2000).

Esse instrumento procura introduzir estímulo à redução de custos entre as empresas, diminuindo o risco moral e a seleção adversa e reduzindo o custo da assimetria de informação existentes, além de estimular mais eficiência econômica.

O regulador estabelece padrões de avaliação do desempenho das firmas, utilizados na avaliação de custos e preços. Esse mecanismo é adotado para a comparação entre monopólios regionais operando no mesmo setor. A remuneração de uma firma é definida de acordo com o seu desempenho em relação às outras empresas do Setor, observando-se os padrões estabelecidos, o que permite que ela seja sensível aos custos e aos comportamentos de suas congêneres. Como o regulador é prejudicado pelas grandes assimetrias de informação em relação às *utilities*, a adoção da regulação por comparação torna-se mais efetiva do que aquela feita para cada firma individualmente.

Uma das críticas ao método é a forma de comparação entre as empresas, que exige modelos e métodos complexos. O fato de não se considerarem fatores específicos de cada empresa é outro ponto que pode fragilizar tal modelo de regulação, gerando benefícios para algumas empresas e prejudicando outras, fato que aumenta a imprevisibilidade, reduzindo a eficácia

do método. Quando a qualidade do suprimento é incluída na comparação, a questão fica ainda mais complexa (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008).

2.2.4 Regulação RIIO (*Revenue = Incentives+Innovation+Output*)¹¹

Durante mais de 20 anos, o regulador do Reino Unido utilizou o modelo regulatório de preço-teto para o setor de distribuição e transmissão de energia elétrica. Esse modelo é caracterizado por proporcionar expressivos incentivos à redução de custos (custos de capital e de O&M). No entanto, a OFGEM (2013) alterou o modelo regulatório aplicado no país e introduziu novo modelo denominado RIIO (*Revenue = Incentives + Innovation + Outputs*), cuja tradução literal é Receitas = Incentivos + Inovação + Produtos. Nesse novo modelo, a determinação das receitas tarifárias ocorre utilizando incentivos para o fornecimento de inovação e produtos aos consumidores (USP - ENERQ, 2013).

Os principais motivos para a mudança do modelo regulatório do Reino Unido estão associados às demandas por melhorias ambientais, principalmente àquelas relacionadas à redução de emissão gases do efeito estufa. Essas emissões afetam diretamente a geração de energia elétrica do país, cuja fonte predominante da matriz elétrica é a termelétrica. Além disso, o aumento de fontes renováveis de energia na matriz, de geração distribuída e de infraestrutura para mobilidade elétrica na rede são objetivos da política energética britânica que decorrem dos compromissos assumidos na União Europeia (Pacote 20/20/20).

Esses compromissos exigem grandes montantes de investimento de longa maturação; por isso, o foco no alcance dos objetivos visualizados se torna o objeto central desse novo modelo. Mais uma vez o Reino Unido se coloca como país pioneiro, adotando um modelo orientado aos produtos.

Para alcançar tais objetivos, são necessários significativos investimentos, da ordem de 32 bilhões de libras somente na transmissão e na distribuição de energia elétrica, de acordo com a OFGEM (2013). Esse valor equivale a 75% do valor dos ativos do Setor e representa o dobro do valor investido em transmissão e distribuição nos últimos 20 anos.

¹¹ Receitas = Incentivos + Inovação + Produtos.

Diante desse desafio, o modelo (RPI-X) se tornou obsoleto, apesar de ter, desde a implantação, apresentado bom desempenho no atendimento aos interesses dos consumidores, causando a redução de tarifas e o aumento na qualidade de serviço. A sua obsolescência está mais associada aos objetivos finais do modelo do que ao desempenho em si (USP - ENERQ, 2013).

2.2.5 Experiência internacional

A Figura 2.5 e a Tabela 2.5 apresentam os modelos regulatórios de 25 países/Estados, agrupados de acordo com os modelos existentes. Observa-se que 12 deles utilizam regulação por taxa de retorno ou custo de serviço. Destaca-se que o modelo adotado na Argentina é o *price-cap*, embora esse não seja aplicado, sendo classificada junto com os países que praticam tarifa de custo de serviço (GESEL, 2015).

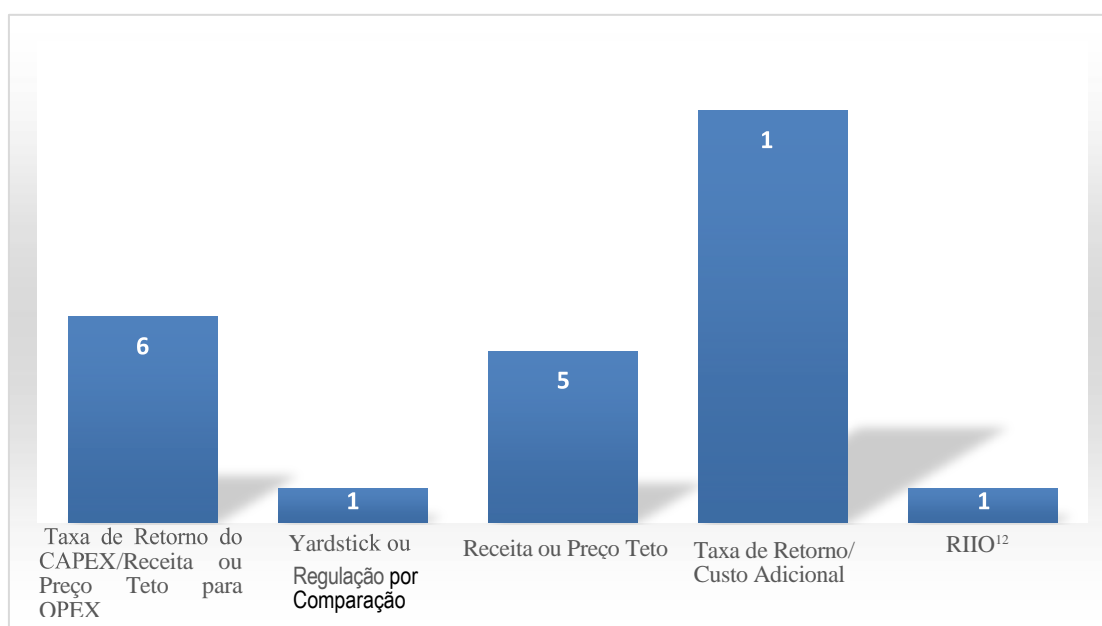


Figura 2.5 – Número de países por modelo regulatório

Fonte: (GESEL, 2015), modificada.

¹² RIIO: *Revenue = Incentives + Innovation + Outputs*.

Tabela 2.5- Classificação dos países por modelo regulatório
 Fonte: (GESEL, 2015), modificada.

Taxa de Retorno do CAPEX/Receita ou Preço Teto para OPEX	Yardstick ou Regulação por Comparação	Receita ou Preço Teto	Taxa de Retorno/Custo Adicional	RIIO
		BRASIL		
Portugal Espanha França Itália República Tcheca Finlândia	Noruega	Colômbia Chile Califórnia Suécia Alemanha	Argentina México Illinois New York Texas Quebec Coreia do Sul África do Sul Rússia Índia Japão China	Reino Unido

Com relação aos ciclos tarifários, mais de 70% dos países/regiões acima possuem ciclos tarifários. A periodicidade dos ciclos varia entre 3 e 5 anos, com boa parte dos países com ciclos tarifários de 4 anos, exceto o Reino Unido, o qual, por seguir o modelo RIIO, segue o ciclo tarifário de 8 anos.

2.2.6 Regulamento do Setor de Energia Elétrica nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a regulação estadual sobre energia elétrica data do início do século XIX. Os estados têm autonomia para regular esse e outros serviços públicos em relação à qualidade de serviço.

O levantamento realizado por O'Neill Management Consulting, LLC, no documento *Recommendations for Strengthening the Massachusetts Department of Public Utilities' Service Quality Standard*, constatou que, de maneira geral, há 3 categorias de programas de penalidades por violação aos indicadores de qualidade de serviço, dependendo do estado:

- 1- tem programa formal de padrões de qualidade do serviço, com a aplicação de penalidades de acordo com o regulamento pré-estabelecido;

- 2- tem relatório de qualidade de serviço e possíveis padrões, com ou sem autoridade para multar, mas não apenas a distribuidora automaticamente de acordo com regras pré-estabelecidas;
- 3- não tem programa de qualidade nem de relatórios sobre qualidade de serviço.

O Quadro 2.11 apresenta a relação dos estados e o tipo de regulação sobre a qualidade de serviço:

Quadro 2.11 – Tipo de regulação sobre a qualidade do serviço nos Estados Unidos.

Fonte: (LLC, 2012).

Estado	Regulamento da Qualidade	R	W	T	C	M	A	S
Alabama	Relatório	X	X					
Arkansas	Relatório							
California	Relatório	X	X	X				X
Colorado	Penalidades	X	X	X	X			
Connecticut	Relatório	X	X					
Delaware	Penalidades	X	X		X		X	
Dist. Of Columbia	Relatório	X	X	X			X	
Florida	Relatório	X	X					
Hawaii	Relatório							
Illinois	Penalidades	X	X					
Indiana	Relatório	X		X	X			
Iowa	Relatório	X						
Kansas	Relatório	X	X	X		X	X	
Kentucky	Relatório	X		X				
Louisiana	Penalidades	X		X				
Maine	Penalidades	X		X	X		X	X
Maryland	Penalidades	X	X					
Massachusetts	Penalidades	X	X	X	X	X	X	X
Michigan	Penalidades	X	X	X	X	X	X	
Minnesota	Penalidades	X	X	X	X			
Mississippi	Penalidades	X						X
Missouri	Relatório	X		X				
Nevada	Relatório	X	X					
New Jersey	Relatório	X	X	X	X		X	
New York	Penalidades	X	X	X	X	X	X	X
North Dakota	Relatório	X						X
Ohio	Relatório	X	X	X			X	
Oklahoma	Relatório	X	X	X			X	

Estado	Regulamento da Qualidade	R	W	T	C	M	A	S
Oregon	Penalidades	X	X		X			
Pennsylvania	Relatório	X	X	X	X	X		
Rhode Island	Penalidades	X	X	X		X		X
Texas	Penalidades	X	X	X			X	
Utah	Penalidades	X	X					
Vermont	Penalidades	X	X	X	X	X	X	X
Virginia	Relatório	X						
Washington	Penalidades	X	X	X	X		X	X
Wisconsin	Relatório	X	X	X	X			

onde os códigos das colunas se relacionam aos seguintes aspectos:

R – confiabilidade e segurança (SAIDI, SAIFI, CAIDI¹³; resposta para situações de fio partido; acidentes de trabalho);

W – piores circuitos em termos de duração e frequência das interrupções;

T – resposta a telefone (tempo médio de resposta);

C – reclamações para o órgão regulador;

M – percentual de leituras lidas mensalmente;

A – tempos de ligação de unidade consumidora ou outros serviços;

S – satisfação do consumidor.

Além dos listados acima, os seguintes estados não têm programa de padrões de qualidade: Alaska, Arizona, Georgia, Idaho, Montana, Nebraska, New Hampshire, New México, North Carolina, South Carolina, South Dakota, Tennessee, West Virginia, Wyoming.

Ao se examinarem os detalhes do Quadro 2.11, observa-se que cerca de metade dos estados apresenta algum programa de qualidade de serviço com aplicação de penalidades, e a outra metade tem somente relatório sobre qualidade de serviço. Mesmo nos estados apenas com relatórios, muitas vezes há previsão para a Comissão impor penalidades de milhares de dólares por dia para desempenho inadequado.

¹³ Customer Average Interruption Duration Index - CAIDI.

A inclusão na métrica de dados da segurança do trabalho dos funcionários não é tão comum, na medida em que alguns desses estados têm métricas específicas para a segurança dos funcionários como parte de seu programa de qualidade do serviço.

A título de exemplo, o Massachusetts Department of Public Utilities - DPU, responsável pela regulação nos Setores de Energia Elétrica e Gás, tem desenvolvido um programa de padrões de qualidade de serviços desde 1997.

O Quadro 2.12 apresenta um exemplo de métrica para aplicação de penalidade em relação à qualidade do serviço de distribuidoras nos Estados Unidos, aplicada no estado de Massachusetts. A abordagem mais simples seria definir igualmente os pesos para cada métrica, mas o regulador escolheu exercer julgamento e atribuir valores para os pesos da forma apresentada a seguir. Apesar dessa métrica, não foi utilizada metodologia científica para a definição desses valores:

Quadro 2.12 - Exemplo de métrica para aplicação de penalidade em relação à qualidade de serviço das distribuidoras nos Estados Unidos - estado de Massachusetts.

Fonte: (LLC, 2012), com adaptações.

Categoria	Métrica	Percentual
Confiabilidade e Segurança	SAIDI	22,50%
	SAIFI	22,50%
	Taxa de perdas de tempo por acidente do trabalho	10%
Serviço ao Consumidor	% de Chamadas telefônicas atendidas em 20"	12,50%
	% Leitura de medidores no ciclo de faturamento	10%
	% Serviços realizados no prazo	12,50%
Satisfação do Consumidor	Reclamações do Consumidor	5%
	Refaturamento de conta	5%
	Total	100%

Em relação aos padrões de qualidade do serviço, em 22 de dezembro de 2014, o Departamento de Serviços Públicos do Estado de Massachusetts – DPU revisou as diretrizes

de qualidade estabelecidas para os Padrões de Qualidade de Serviços para empresas de distribuição de energia elétrica e distribuidoras de gás locais (DTE, 2012) e alterou os Padrões de Qualidade de Serviços para as companhias de distribuição elétrica e as locais de distribuição de gás, definidos em 2007.

O Departamento adotou novos padrões de qualidade de serviço, com o objetivo primordial de revisar as orientações sobre os padrões de qualidade e exigir melhor desempenho por companhias de gás e de energia elétrica em Massachusetts. As diretrizes dos padrões de qualidade objetivaram: (1) não degradação da qualidade do serviço; (2) estabelecimento de novas abordagens para o cálculo dos limiares de penalização, incluindo o método "ladeira", por meio do qual os padrões de desempenho tornam-se cada vez mais rigorosos ao longo do tempo; (3) eliminação de compensações entre penalidades, para garantir que as empresas forneçam altos níveis de serviço em todas as dimensões da qualidade do serviço; (4) estabelecimento de normas estaduais aplicáveis a todas as empresas; (5) atualização das normas, para eliminar métricas desnecessárias e obsoletas; e (6) adição de novas métricas, para alinhar os incentivos da empresa com objetivos políticos importantes. Essas mudanças nos padrões de qualidade de serviço do Departamento marcam uma mudança no nível de qualidade de serviço nos consumidores de energia elétrica e gás.

2.2.7 Regulação da qualidade do serviço de energia elétrica no Brasil

Na década de 1990, o Brasil, como muitos outros países, iniciou processo de liberalização da sua economia, promoção de reformas orientadas para o mercado, a fim de promover a concorrência e atrair investimentos para os setores de infraestrutura, movimento conhecido como desregulamentação.

A distribuição de energia no Brasil é considerada um serviço público. O art. 175 da Constituição Federal atribuiu ao Poder Público a incumbência da prestação de serviços públicos, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão. Esse artigo gerou a discussão sobre a regulamentação das concessões, passo importante para a reforma setorial.

A Lei nº 8.987/95, 13 de fevereiro de 1995, que regulamenta o art.175 da Constituição Federal de 1988, tratou das regras gerais para licitação das empresas, dos direitos e dos

deveres das concessionárias e da necessidade de novo sistema tarifário e regulatório, que considerasse o equilíbrio econômico e o financeiro das concessionárias. Dentre as principais mudanças impostas pela Lei das Concessões, podem ser citadas: (a) introdução de multas às concessionárias, proporcionais à falta cometida, em prol da manutenção da qualidade dos serviços; e (b) determinação que as tarifas não precisavam mais se basear no custo do serviço, e sim no preço (*price-cap*).

Essa Lei (BRASIL, 1995) define o que vem a ser serviço adequado:

Art. 6º Toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, conforme estabelecido nesta Lei, nas normas pertinentes e no respectivo contrato.

§ 1º Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas. (BRASIL, 1998).

O art. 6º define as condições, para que o serviço público seja considerado adequado, porém não explicita tais condições, exceção feita ao princípio da atualidade dos serviços públicos.

De acordo com o § 2º do art. 6º:

Art. 6º [...]

§ 2º A atualidade compreende a modernidade das técnicas, do equipamento e das instalações e a sua conservação, bem como a melhoria e expansão do serviço.

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia constituída sob regime especial, com personalidade jurídica de Direito Público e autonomia patrimonial, administrativa e financeira. Em 2 de dezembro de 1997, após a edição do Decreto nº 2.335/97, de 6 de outubro de 1997, que aprova o seu regulamento, a ANEEL começou a funcionar.

A ANEEL, como titular das competências que lhe são reservadas pela legislação e pelo regulamento aplicável ao Setor Elétrico, tem como principais atribuições:

- ✓ regular geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- ✓ fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;

- ✓ implementar as políticas e as diretrizes do Governo Federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- ✓ estabelecer tarifas;
- ✓ dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores e
- ✓ promover as atividades de outorga de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

A missão da ANEEL é "[...] proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade". Em outras palavras, isso significa harmonizar os interesses de diversos agentes, contrabalançando-os, para sustentar um nível de investimentos necessários ao bom desenvolvimento do Setor, conforme a ilustração da Figura 2.6 abaixo:



Figura 2.6 - A função da ANEEL.
Fonte: (PEDROSA, 2005).

2.2.8 Mecanismo de incentivo à qualidade do serviço da distribuição de energia elétrica no Brasil

A regulação econômica brasileira do setor de distribuição de energia usa um mecanismo de regulação por incentivos utilizados mundialmente no Setor Elétrico: o *price-cap* ou RPI - X.

Esse Fator X objetiva principalmente garantir que o equilíbrio entre receitas e despesas eficientes, estabelecido no momento da revisão tarifária, mantenha-se ao longo do ciclo tarifário. É empregado no cálculo tarifário nos reajustes anuais, quando o valor da Parcela B é corrigido pelo IGP-M menos o Fator X. Dessa forma, quanto maior o Fator X, menor é o reajuste tarifário anual.

A abordagem adotada pela ANEEL para o cálculo do Fator X na revisão tarifária periódica busca defini-lo a partir dos ganhos potenciais de produtividade, compatíveis com o nível de crescimento do mercado, do número de unidades consumidoras e da qualidade do serviço, além de promover transição dos custos operacionais eficientes.

Para atingir essa finalidade, o Fator X é composto por três componentes, conforme a formulação a seguir (ANEEL, 2015):

$$\text{Fator X} = \text{Pd} + \text{Q} + \text{T} \quad 2.2$$

onde:

O Componente Pd mensura os ganhos de produtividade das distribuidoras de energia elétrica;

O Componente Q avalia a qualidade dos serviços técnicos e comerciais prestados por distribuidora aos seus consumidores;

O Componente T ajusta, ao longo de um período definido, os custos operacionais observados de cada concessionária ao custo operacional eficiente.

Os componentes Pd e T são definidos *ex-ante*, ou seja, no momento da revisão tarifária (não é escopo desta Tese). O componente Q será especificado *ex-post*, ou seja, em cada reajuste tarifário posterior à atual revisão tarifária, embora a metodologia para seu cálculo seja desde já conhecida.

Nesse ponto, será abordado apenas o Componente Q do Fator X. Esse fator visa incentivar a melhoria da qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras ao longo do ciclo tarifário, alterando as tarifas de acordo com o comportamento de indicadores de qualidade (adicionando ou subtraindo uma parcela da tarifa, dependendo do desempenho relativo das empresas).

Na aferição do nível de qualidade do serviço prestado, serão considerados indicadores dos serviços técnicos e comerciais prestados por distribuidora. Seu cálculo considera a variação de sete indicadores e o atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos pela ANEEL. As parcelas de qualidade técnica e comercial possuem pesos distintos, conforme a equação abaixo:

$$Q = 0,7 Q_{\text{técnico}} + 0,3 Q_{\text{comercial}}$$

A parcela técnica do componente Q é calculada por meio dos indicadores DEC e FEC, enquanto a comercial é aferida por outros cinco indicadores, todos apresentados na Tabela 2.6 a seguir:

Tabela 2.6 - Indicadores técnicos e comerciais a serem considerados nos mecanismos de incentivo.

Fonte: (ANEEL, 2015).

Sigla Indicador	Indicador	Definição	Padrões Estabelecidos para Atendimento	Distribuidoras Avaliadas	Regulamentação
Comerciais					
FER	Frequência Equivalente de Reclamação	Frequência equivalente de reclamações a cada mil unidades consumidoras	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	REN nº 574/2012
IASC	Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor	Resultado de pesquisa de avaliação do grau de satisfação do consumidor residencial com os serviços prestados	Valor mínimo de 70	Todas	
INS	Indicador de Nível de Serviço do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas atendidas pelas chamadas recebidas menos abandonadas	Valor maior ou igual a 85%	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
IAb	Indicador de Abandono do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas abandonadas sobre recebidas menos abandonadas	Valor menor ou igual a 4%	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
ICO	Indicador de Chamadas Ocupadas do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas ocupadas sobre oferecidas	Valor menor ou igual a: 4% até 2014; 2% a partir de 2015	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
Técnicos					
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	Tempo que uma UC ficou sem energia elétrica para certo período	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	Módulo 8 do PRODIST
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	Número de vezes que uma UC ficou sem energia elétrica para certo período	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	Módulo 8 do PRODIST

Os sete indicadores que compõem as parcelas de qualidade técnica e comercial possuem os próprios pesos, que estão sendo aplicados gradualmente até março de 2019. Após o período de transição, a Equação do componente de qualidade será a seguinte:

$$Q = 0,50 Q_{DEC} + 0,20 Q_{FEC} + 0,10 Q_{FER} + 0,10 Q_{IASC} + 0,04 Q_{INS} + 0,03 Q_{IAb} + 0,03 Q_{ICO} \quad 2.3$$

As distribuidoras com menos de 60 mil unidades consumidoras são avaliadas por quatro indicadores. Como elas não possuem a obrigação de implantar Central de Teleatendimento – CTA, são dispensadas da observância aos limites para os indicadores INS, IAb e ICO.

A Equação, após o período de transição, passa a ser:

$$Q = 0,50 Q_{DEC} + 0,20 Q_{FEC} + 0,15 Q_{FER} + 0,15 Q_{IASC} \quad 2.4$$

Durante o período de transição, de abril de 2016 a março de 2019, os pesos dos indicadores de qualidade comercial estão sendo incrementados gradativamente. Conjuntamente, a amplitude dos valores de cada indicador será elevada de +1% para +2%.

O efeito conjunto desses dois processos de transição resulta nos valores finais apresentados nas Tabelas 2.7 e 2.8 a serem aplicados aos indicadores técnicos e comerciais nos períodos considerados:

Tabela 2.7 – Valores finais dos pesos para concessionárias com mais de 60 mil unidades consumidoras.

Fonte: (ANEEL, 2015).

Indicador	Metodologia	Nova Metodologia			
	3º CRTP	abr./16 a	abr./17 a	abr./18 a	abr./19 a
	abr./15 a mar/16	mar/17	mar/18	mar/19	mar/20
DEC	50%	30%	37,5%	45%	50%
FEC	50%	30%	30,0%	27%	20%
INS			0,75%	1,8%	4%
ICO			0,375%	0,9%	3%
IAb			0,375%	0,9%	3%
FER			3,0%	7,2%	10%
IASC			3,0%	7,2%	10%
Total	100%	60%	75%	90%	100%

Tabela 2.8 – Valores finais dos pesos para concessionárias com menos de 60 mil unidades consumidoras.

Fonte: (ANEEL, 2015).

Indicador	Metodologia 3º CRTP	Nova Metodologia				
	abr./15 a mar/16	abr./16 a mar/17	abr./17 a mar/18	abr./18 a mar/19	abr./19 a mar/20	
DEC	50%	30%	37,5%	45%	50%	
FEC	50%	30%	30,0%	27%	20%	
FER			3,75%	9%	15%	
IASC			3,75%	9%	15%	
Total	100%	60%	75%	90%	100%	

A seguir, serão apresentados os conceitos de indicador global e os critérios de seleção desses indicadores.

2.3 CONCEITO DE INDICADOR GLOBAL

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar (HAMMOND et al, 1995). Os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a determinada meta, como o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou um fenômeno que não seja imediatamente detectável (HAMMOND et al, 1995).

O objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente. Eles simplificam as informações sobre fenômenos complexos, tentando melhorar com isso o processo de comunicação (BELLEN, 2006).

A partir de certo nível de agregação ou percepção, indicadores podem ser definidos como variáveis individuais ou uma variável que é função de outras. A função pode ser simples como uma relação que mede a variação em relação a uma base específica; um índice, um número simples que é uma função simples de duas ou mais variáveis; ou complexa, como o resultado de um grande modelo de simulação (BELLEN, 2006).

A relação entre os dados primários e os indicadores no que é denominada pirâmide de informações (HAMMOND, ADRIAANSE, *et al.*, 1995) é apresentada na Figura 2.7:



Figura 2.7 – Pirâmide de Informações
Fonte: Hammond, Adriaanse *et al.*, 1995.

Os sistemas de indicadores procuram gerar informações a partir da agregação de dados que descrevem a realidade de um método. O grau de agregação dos dados de determinada ferramenta de avaliação pode ser observado pela localização relativa de seus índices, seus indicadores e seus dados na pirâmide de informações. O topo da pirâmide corresponde ao grau máximo de agregação e a base da pirâmide representa os dados primários desagregados (BELLEN, 2006).

Enquanto um indicador serve para evidenciar um fenômeno, os índices são elaborados mediante a agregação de dois ou mais indicadores simples, referidos a uma mesma dimensão, ou a diferentes dimensões, da realidade (JANNUZZI, 2003).

2.3.1 Critérios de seleção de indicadores

Uma visão sobre o estado da arte sobre metodologia de construção de indicadores globais está resumido em OECD (2008) desenvolvido pela Organization for Economic Cooperation and Development – OECD e pela Unidade de Econometria e Estatística Aplicada da Comissão Europeia. De acordo com esse *Handbook*, para a definição de um indicador composto, é necessário passar pelas seguintes etapas:

- a) definir claramente o parâmetro a ser medido: estabelecer os objetivos do trabalho e entender em detalhes as informações disponíveis e a relação destas com o parâmetro

- que se deseja medir;
- b) selecionar as variáveis: analisar a qualidade dos dados, discutir os prós e os contras de cada variável, fazer ajustes nas escalas (se necessário), esquematizar as características de cada informação para melhor visualização;
 - c) realizar análise estatística primária: conferir a estrutura dos indicadores e dos subindicadores, a correlação entre as variáveis e a distribuição de cada indicador entre empresas, países ou instituições que se almeja comparar;
 - d) correção de dados inapropriados ou ausentes: documentar as correções feitas nos dados, assim como as estimativas que porventura tenham sido feitas para dados ausentes;
 - e) normalizar: selecionar método de normalização adequado para as propriedades estatísticas dos dados (distribuição, presença de *outliers*);
 - f) agregar e ponderar: selecionar o método apropriado para a agregação dos diferentes níveis de indicadores, utilizar múltiplos critérios e documentar os resultados;
 - g) analisar a sensibilidade e a robustez dos resultados: analisar a sensibilidade dos resultados, retirando e incluindo dados, aplicando diferentes métodos de padronização, normalização e ponderação;
 - h) testar a correlação do indicador composto com outros dados não utilizados no estudo, se possível;
 - i) apresentar os resultados: decompor o indicador composto nas suas partes individuais, mostrar o desempenho individual e o que está influenciando o indicador global, apresentar os resultados em gráficos e outras ferramentas amigáveis para o público-alvo.

As metodologias de indicadores de desempenho empregadas em agências reguladoras nacionais e internacionais, assim como em outros órgãos governamentais, contribuem para decisões tão diversas como definição de tarifas, aplicação de multas, critérios de habilitação em contratos administrativos, aferição da qualidade do serviço. Esse tema será abordado mais adiante.

Para avaliar às técnicas de ponderação dos indicadores que serão agregados em um único índice, passa-se a analisar no item a seguir as várias técnicas de Apoio à Decisão Multicritério.

2.4 APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO

A partir da década de 70, os modelos de pesquisas operacionais de problemas gerenciais complexos começaram a ser questionados. A ideia dominante de que os problemas de decisão poderiam ser resolvidos por essas técnicas começava a se mostrar incompleta. Novo paradigma dos anos 80 sugere que o enfrentamento desses problemas caminhe na direção de soluções de compromisso que permitam ultrapassar a confusão que cerca as situações problemáticas empresariais (ACKOFF, 1979). A partir de então, argumenta-se que se deve passar do paradigma de otimização para as chamadas soluções de aprendizagem e construtivismo.

Não se pode deixar de reconhecer algum interesse nas abordagens em que se considera apenas um critério: métodos de otimização – ainda hoje utilizados em uma série de aplicações. Pode acontecer que o decisor se sinta confortável ao utilizar apenas um critério, julgado predominante, para avaliar a alternativa a que se depara, mesmo que reconheça que existem outros que podem ser considerados. Esse decisor procura encontrar a alternativa com melhor desempenho segundo esse critério. Outras preocupações podem surgir sob a forma de restrições que delimitam o conjunto das alternativas aceitáveis.

Em muitos casos, porém, um processo de decisão que considere vários critérios de avaliação, representando os pontos de vista dos interessados nesse processo, será mais transparente e menos arbitrário. Scharlig (1990) apresenta vários argumentos, para sustentar que a abordagem multicritério constitui uma via necessária em Gestão. O interesse de ultrapassar o paradigma da otimização de uma função (critério) é referido por Beer (1996), referindo-se a sistemas biológicos.

De acordo com Bouyssou (1993), uma abordagem multicritério em um processo de tomada de decisões envolve estas vantagens:

- a) constituição de uma base para o diálogo entre os interventores, utilizando diversos pontos de vista;
- b) mais facilidade para incorporar incertezas aos dados segundo cada ponto de vista; e
- c) enfrentamento de cada solução como compromisso entre objetivos conflitantes.

O último argumento ressalta que raramente será encontrada uma situação na qual uma solução seja superior a todos os pontos de vista. De fato, raramente se espera que exista uma alternativa superior a todas as outras, segundo todos os pontos de vista. Há, portanto, relativamente aos múltiplos pontos de vistas que interferem na avaliação, a procura de um equilíbrio, o *balance* de que falava Beer (1996), e o *arbitrage* a que se referem Montigofier e Bertier (1978).

2.5 PROCESSO DECISÓRIO MULTICRITÉRIO

No processo decisório multicritério, as decisões são adotadas, quando se escolhe realizar ou deixar de realizar algo. Essas decisões compõem situações diversas, com abrangências local, regional ou nacional. De modo geral, essas decisões estão relacionadas com inúmeros fatores, destacando-se planos de crescimento, políticas de desenvolvimento regional, execução de estratégias e outros (ROY, 1996).

Em síntese, o processo de AMD, sob certas condições, é um problema de otimização com diferentes funções objetivo simultâneas. Esse procedimento pode ser representado matematicamente por:

$$\begin{array}{l} \text{Max } F(\mathbf{x}) \\ \mathbf{x} \in X \end{array} \quad 2.5$$

onde:

\mathbf{x} é vetor $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ das n variáveis de decisão.

O conjunto de todos os valores que podem assumir as variáveis de decisão é representado por X . Esse conjunto, denominado de “Conjunto de Alternativas”, pode ser “discreto”, isto é, quando todos os seus elementos ou pontos são “isolados”. Isso significa que o entorno de cada elemento contém apenas esse elemento e, portanto, o conjunto é finito ou infinito, numerável (GOMES, 2007).

O termo $F(\mathbf{x})$ é o vetor $[f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_p(\mathbf{x})]$ de p funções objetivas que representam os objetivos simultâneos do problema. Nesse tipo de problema, é praticamente impossível

uma alternativa ou uma solução na qual todas as funções objetivo atinjam, ao mesmo tempo, seu valor ótimo (GOMES, 2007).

De acordo com Gomes (2007), a metodologia AMD possui quatro etapas que devem ser consideradas, não sendo, necessariamente, sequenciais:

Etapa I – Objeto da Decisão e Espírito da Recomendação dos Critérios: essa etapa consiste em identificar o problema a ser resolvido;

Etapa II – Análise das Consequências e Elaboração dos Critérios – nessa etapa, formula-se e define-se o problema, identificando os eventuais grupos de interesse, bem como os objetivos e os atributos utilizados no processo de decisão;

Etapa III – Modelagem das Preferências Globais e Abordagem Operacional: nessa etapa, elabora-se um modelo analítico do problema. Objetiva-se construir uma representação, na maioria das vezes matemática, que será utilizada durante a análise do processo, estimando a influência de cada um dos parâmetros no problema em análise;

Etapa IV – Análise dos Resultados: essa última etapa consiste na análise do problema propriamente dita. São analisadas as alternativas em relação aos critérios, de acordo com o ambiente ou o estado da natureza presente no processo. A depender da solução obtida, pode ser necessária a reavaliação do processo, devendo-se retornar às etapas anteriores.

2.5.1 Elementos do processo de tomada de decisão

Antes de mais nada, é preciso conhecer todos os componentes de um processo de decisão. Nesse sentido, os elementos do processo de tomada de decisão são atores, agentes de decisão e analista. Além desses, há os componentes, que são alternativas, critérios e tipos de problemática:

Atores: são indivíduos, entidades ou grupos de pessoas que têm interesse na decisão a ser adotada. Os Atores estão envolvidos direta ou indiretamente pelas consequências;

Decisor ou agente de decisão: é formado por um indivíduo ou um grupo de pessoas que possuem o mais importante papel no processo de tomada de decisão. O papel do decisor consiste em avaliar as alternativas do problema, conforme sua relação de preferência;

Analista ou especialista: é formado por uma pessoa ou uma equipe de especialistas em tomada de decisão que tem a função de auxiliar no processo decisório. O analista é responsável por sistematizar o processo e modelar as preferências;

Alternativas ou ações potenciais: o decisor depara com um conjunto comumente conhecido como de escolhas ou de alternativas. Neste trabalho, serão avaliados somente os conjuntos finitos de alternativas a partir de um ponto de vista prático, constituído por um número relativamente pequeno de elementos. Presume-se ainda que as alternativas sejam diferentes, exaustivas e excludentes (GOMES, 2007);

Crítérios ou atributos: em muitos problemas de decisão, há mais de um objetivo a ser atingido, denominados de critérios ou atributos. Os critérios são utilizados como parâmetros de avaliação para o conjunto de alternativas. Se, por exemplo, a decisão fosse comprar um carro dentre os diferentes modelos que estão à venda, o decisor poderia avaliar o preço, a segurança, o conforto, o tamanho. Essas características, denominadas de atributos, representam propriedades ou capacidade das alternativas, para satisfazer necessidades ou desejos, embora em diferentes “quantidades” ou “intensidades”.

Os critérios podem ser de natureza subjetiva ou objetiva. A subjetividade dos agentes de decisão está relacionada às percepções individuais e devem ser consideradas no processo de decisão. É importante que o modelo traduza as reais preferências do decisor (TSOUKIAS, 2008);

Escalas: os critérios de decisão podem ter caráter quantitativo ou qualitativo e a natureza desses pode ser bastante heterogênea. De acordo com Abreu E Stephan (1982), é importante compreender quais são as características das escalas, o que pode ou não ser feito com elas, tendo em vista que cada tipo de escala possui um conjunto de hipóteses subjacentes no tocante à correspondência com o mundo real;

Matriz de avaliação: a matriz de avaliação ou de decisão apresenta a relação entre as m alternativas para os n critérios de avaliação na forma de tabela. Supondo que a_{ij} representa a avaliação de cada ação a , pertencente ao conjunto de ações potenciais A , segundo o critério g_j , pode-se então construir a Tabela 2.9:

Tabela 2.9- Matriz de avaliação ou de decisão.
Fonte: (CAMPOS, 2011).

Critérios	g_1	g_2	...	g_n
Alternativas				
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Essa matriz consiste no resultado final da estrutura do problema multicritério. Nela é possível identificar, de forma simples, o desempenho das alternativas para cada critério. Sua posição permite a evolução da metodologia multicritério conforme as características do método escolhido.

2.5.2 Tipos de problemáticas

É importante compreender o tipo de problemática em que cada decisão está inserida durante a estruturação do processo decisório. O tipo de problema vai direcionar a escolha do método multicritério a ser utilizado. Roy (1996) estabelece quatro tipos de problemática:

Problemática de hierarquia (P γ): objetiva ordenar as ações;

Problemática de seleção (P α): nessa problemática, seleciona-se a melhor alternativa ou subconjunto de alternativas;

Problemática descritiva (P δ): nessa problemática, visa-se descrever e relatar as consequências das ações do conjunto A . As ações são organizadas com todas as informações necessárias, para que o decisor possa compreender melhor as características de cada ação;

Problemática de classificação (P β): objetiva alocar cada ação conforme uma classe ou uma categoria. Em outras palavras, nesse tipo de problemática, aceitam-se as alternativas que são classificadas como “boas” e descartam-se as que parecem “ruins”, ou seja, realiza-se classificação das alternativas.

A Figura 2.8 mostra as quatro problemáticas. É importante observar que nessa Figura a problemática de seleção tem como resultado final apenas uma ação; no entanto, conforme definido, o resultado pode ser um subconjunto de alternativas:

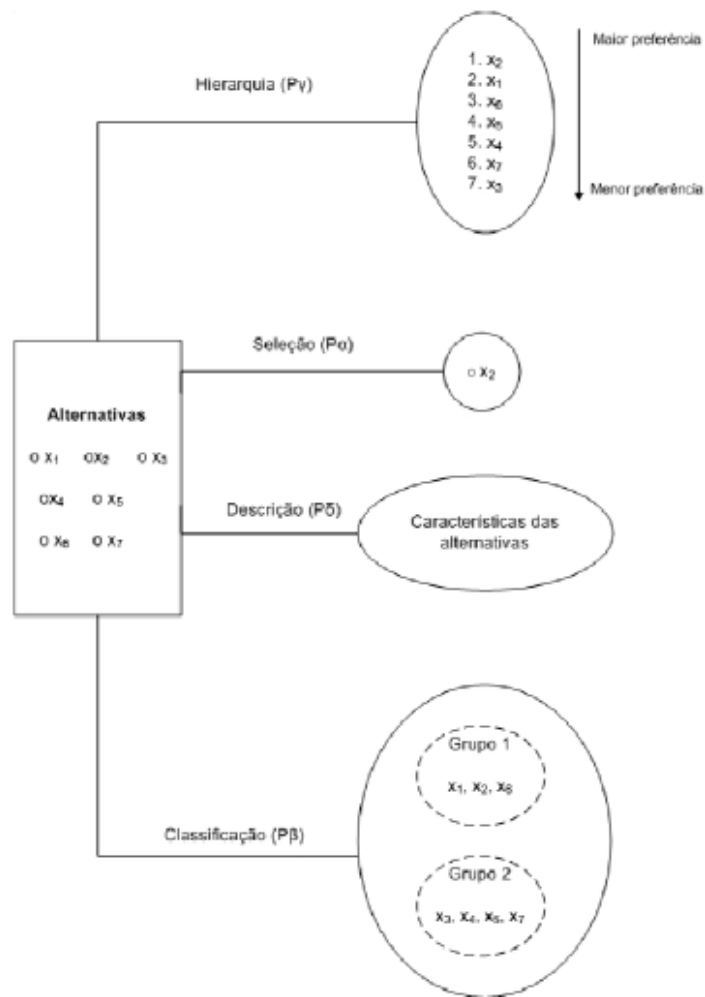


Figura 2.8. - Tipos de problemática.
 Fonte: Adaptado de (DOUMPOS e ZOPOUNIDIS, 2002).

2.5.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em estudar os resultados obtidos pela hierarquia, a partir de alterações nos pesos dos critérios ou da inclusão de nova alternativa. Essa análise almeja avaliar a velocidade com que uma solução se degrada a um nível predeterminado (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2002).

No caso do problema multivariado, a solução encontrada pode apresentar:

- ✓ estabilidade fraca se, após a análise de sensibilidade, a melhor solução permanecer dentro do conjunto de soluções não dominantes;
- ✓ estabilidade forte, se, após a análise de sensibilidade, o conjunto de soluções não dominadas não se alterar.

Balzar e Cordeiro Neto (1998) afirmam que a análise das alternativas deve ser realizada e interpretada de forma que forneça indicadores de sensibilidade ou estabilidade da solução proposta.

2.6 MODELAGEM DE PREFERÊNCIA

A modelagem de preferência objetiva estudar a relação de preferência do decisor diante de duas ações possíveis. Na visão de Bouyssou, Marchant, *et al.* (2000), o significado dos dados no contexto da decisão é tratado na modelagem de preferência. A expressão das preferências do decisor é feita por relações binárias, quando realiza comparações (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

2.6.1 Relação binária

A modelagem de preferência, de maneira geral, ocorre por meio de relações binárias. De acordo com Roy (1996), uma relação binária está associada a duas ações potenciais e se caracteriza pela presença ou a ausência de determinada propriedade.

A relação binária S no conjunto A , cuja notação é aSb , para $(a,b) \in S$, é definida por Bouyssou e Pirlot, 2005)(2005), como:

- ✓ reflexiva – se para todo $a \in A$, tem-se $(a,a) \in R$; e é representado por: se $[aSa]$;
- ✓ inreflexiva - se para todo $a \in A$, tem-se $(a,a) \notin R$; e é representado por: se $[\text{não } aSa]$;
- ✓ simétrica - se para todo $(a,b) \in R$, supõe-se que $(b,a) \in R$; e é representado por: se $[aSb$ ou $bSa]$;
- ✓ assimétrica - se $(a,b) \in R$, então $(b,a) \notin R$; e é representado por: se $[aSb] \rightarrow [\text{não } bSa]$;
- ✓ transitiva – se $(a,b) \in R$ e $(b,c) \in R$, implica $(a,c) \in R$; é representado por: se $[aSb$ e $bSc] \rightarrow [aSc]$, para todo $a,b,c \in A$.

2.6.2 Preferência do decisor

O sistema de preferência de uma ação potencial a em relação a uma ação b se manifesta sob três situações, de acordo com Vincke (1992): preferência (P), indiferença (I) e incomparabilidade (R). Diz-se que a é preferível a b pela notação: aPb ; caso a seja indiferente a b , tem-se aIb ; e, para a situação em que duas alternativas são incomparáveis, utiliza-se aRb .

Ao comparar duas alternativas, as relações de preferência e as suas definições são visualizadas no Quadro 2.13 (ROY, 1996). Essas quatro relações apresentadas foram ampliadas para cinco situações, denominadas relações consolidadas de preferência, conforme o Quadro 2.14:

Quadro 2.13- Relações básicas de preferências.

Fonte: (CAMPOS, 2011).

Situação	Definição	Relação Binária
Indiferença (I)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a equivalência entre duas ações.	I: Reflexiva $a I a$ e Simétrica $a I b \Rightarrow b I a$
Preferência Estrita (P)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem uma preferência significativa em favor de uma das duas ações.	P: assimétrica $a P b \Rightarrow b P a$
Preferência Fraca (Q)	Corresponde à existência de razões claras e positivas que invalidem a preferência estrita em favor de uma das duas ações, mas essas razões são insuficientes para deduzir uma preferência estrita em favor da outra, seja uma indiferença entre essas duas ações, portanto não é possível diferenciar nenhuma das duas situações.	Q: assimétrica $a Q b \Rightarrow b P a$
Incomparabilidade (R)	Corresponde à ausência de razões claras e positivas para justificar qualquer das três situações precedentes.	R: simétrica

Quadro 2.14- Relação consolidada de preferências.

Fonte: (CAMPOS, 2011).

Situação	Definição	Relações Binárias
Não preferência	Corresponde à ausência de situações claras e objetivas para justificar a preferência fraca em favor de uma das ações e, portanto, consolida as situações de indiferença ou de incomparabilidade, sem ser capaz de diferenciação entre elas.	$\sim \Rightarrow a I b$ ou $a R b$
Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justifiquem a preferência fraca em favor de uma das duas ações, e, portanto, consolida as situações de preferência estritas e preferência fraca, sem, no entanto, ser capaz de diferenciação entre elas.	$\Leftarrow \Rightarrow a P b$ ou $a Q b$
J – Preferência (presunção de preferência)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência fraca, sem se preocupar o quão fraca em favor de uma das duas ações, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência e indiferença.	$J \Rightarrow a Q b$ ou $a I b$
K – Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justifiquem a preferência estrita em favor de uma das duas ações, ou a incomparabilidade entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre situação de preferência estrita e incomparabilidade.	$K \Rightarrow a P b$ ou $a R b$
Sobreclassificação (<i>Outranking</i>)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem tanto preferência ou a J - preferência em favor de uma das duas ações, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença.	$S \Rightarrow a P b, a Q b$ ou $a I b$

Na teoria de decisão, são prescritas apenas duas situações de preferência: a indiferença e a preferência estrita. As situações de incomparabilidade ou de preferência fraca entre duas

ações possíveis são tratadas como se não houvesse qualquer relação ou, então, aproximadas para situações de indiferença e preferência estrita.

2.6.3 Estrutura de preferência

Com base nas relações binárias apresentadas e nas suas propriedades, pode-se expressar as principais estruturas de preferências sobre um conjunto de alternativas:

Pré-ordem completa: ocorre, quando um par de relações binárias (a,b), em que um conjunto de ações potenciais A corresponde à noção intuitiva de classificação em que há possibilidade de empate. Essa estrutura apresenta as seguintes propriedades: *a* e *b* são exaustivas e mutuamente excludentes; *b* é assimétrica e transitiva; e *a* simétrica e transitiva;

Ordem completa: ocorre, quando um par de relações binárias (a,b), em um conjunto A de ações potenciais, corresponde à noção intuitiva de classificação sem a possibilidade de empate;

Semiordem: existe um limiar no qual o decisor não consegue explicar a diferença ou se recusa a declarar a preferência na relação binária;

Ordem de intervalo: tipo de estrutura que apresenta um limiar que varia ao longo da escala de valores e é representada por:

$$\forall a, b \in A \quad aPb \leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad 2.6$$

$$aIb \leftrightarrow g(a) \leq g(b) + q(g(b)) \quad 2.7$$

$$g(b) \leq g(a) + q(g(a)) \quad 2.8$$

Pseudo-ordem: apresenta um limiar de indiferença (q) no qual é clara a indiferença, e um limiar de preferência (p), em que não há dúvida sobre a preferência entre uma relação binária.

$$\forall a, b \in A \quad aPb \leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad 2.9$$

$$aQb \leftrightarrow g(b) + p(g(b)) \geq g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad 2.10$$

$$aIb \leftrightarrow g(b) + q(g(b)) \geq g(a) \quad 2.11$$

$$g(a) + q(g(a)) \geq g(b) \quad 2.12$$

Além dos tipos de estruturas de preferência apresentados, Vincke (1992) considera as seguintes estruturas que aceitam incomparabilidade:

Pré-ordem parcial: quando os elementos de um conjunto A podem ser ordenados do melhor ao pior, sem eventual ligação. A pré-ordem parcial apresenta as seguintes propriedades:

$$\forall a, b \in A \quad \begin{array}{l} aPb \text{ e } bPc \rightarrow aPc \text{ é transitiva} \\ aIb \text{ e } bIc \rightarrow aIc \text{ é transitiva} \\ aPb \text{ e } bIc \rightarrow aPc \\ aIb \text{ e } bPc \rightarrow aPc \end{array}$$

Nesse caso, existe uma função g que:

$$aPb \rightarrow g(a) > g(b) \quad 2.13$$

$$aIb \rightarrow g(a) = g(b) \quad 2.14$$

Ordem parcial: apresenta as mesmas propriedades da estrutura de semiordem completa, mas, nesse caso, são aceitas situações de incomparabilidade;

Ordem de intervalo parcial: essa estrutura é semelhante à ordem de intervalo com a permissão de incomparabilidade.

Ainda de acordo com Vincke (1992), os critérios de preferência podem ser classificados da seguinte forma:

- ✓ verdadeiro critério, se a estrutura de preferência for uma pré-ordem completa;
- ✓ semicritério, se a estrutura de preferência for uma semiordem;
- ✓ critério de intervalo, se a estrutura de preferência for uma estrutura de intervalo;
- ✓ pseudocritério, se a estrutura de preferência for uma pseudo-ordem.

2.7 PRINCIPAIS MÉTODOS MULTICRITÉRIO

O Apoio à Decisão Multiobjetivo ou Multicritério – ADM ou do inglês Multicriteria Decision Aid – MCDA tem crescido rapidamente nas últimas décadas em diversas áreas, como a Pesquisa Operacional (OR). O ADM pode ser usado para classificar várias alternativas, com base em vários critérios conflitantes. Esses métodos multicritério têm sido utilizados em diversas áreas (MARTTUNEN, LIENERT e BELTON, 2017; DIAZ-BALTEIRO, GONZÁLEZ-PACHÓN e ROMERO, 2017), desde agricultura, silvicultura e pesca até transportes e serviços públicos, incluindo eletricidade, abastecimento de água, esgoto e gestão de resíduos (PINTO, COSTA, *et al.*, 2017). Os métodos mais comuns são apresentados na literatura: o Analytic Hierarchy Process - AHP (SAATY, 1990), o Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations – PROMETHEE (BRANS, MARESCHAL e VINCKE, 1986), o Elimination e Choix Traduisant la Réalité - ELECTRE (ROY, 1996) e o Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique – MACBETH (BANA E COSTA e VANSNICK, 1994).

O AMD visa resolver problemas com objetivos conflitantes, além de estruturar todo o processo de decisão. Nesse sentido, na década de 1970, surgiram os primeiros métodos multicritério de apoio à decisão.

Resolver um problema multicritério consiste em auxiliar o tomador de decisão a dominar os dados e avançar para a decisão final. Vários problemas ADM são encontrados na literatura e suas aplicações estão relacionadas com a natureza das informações do problema. Vincke (1986) classifica os métodos multicritério em três grupos: programação matemática objetivo, teoria da utilidade multiatributo e sobreclassificação (*outranking methods*).

O primeiro grupo trabalha com a programação matemática, para encontrar a solução ótima para a função objetivo. São inúmeras as aplicações encontradas na literatura, para resolver esse tipo problema, que, na maioria das vezes, é de difícil solução. Apesar de suas limitações, os métodos que utilizam esses princípios ainda são vastamente aplicados, em razão do seu rigor matemático.

O segundo grupo – métodos baseados na Teoria da Utilidade Multiatributo ou Multi-attribute Utility Theory (MAUT) – segue a corrente chamada de Escola Americana, fundamentada nos princípios axiomáticos que provêm do trabalho de von Neumann e Morgensten. Essa teoria tem como princípio o conceito de agregação dos diferentes critérios em uma única função-utilidade que deve ser otimizada. Esses métodos são considerados compensatórios.

O terceiro grupo – métodos de sobreclassificação (*outranking*) – é baseado na Escola Francesa ou Escola Europeia. Esses métodos utilizam as relações de sobreclassificação, superação ou *outranking*. Essas relações correspondem àquelas em que duas ações são incomparáveis: em situações de decisão pelas quais o decisor “não pode”, “não sabe” ou “não quer decidir”. Esses métodos são considerados não compensatórios.

A diferença entre os métodos compensatórios e os não compensatórios está relacionada com a comparação entre os critérios. Para Yoon e Hwang (1995), a compensação questiona se as vantagens de um atributo podem ser ou não compensadas pelas desvantagens de outro. No caso em que um decisor deve optar por determinado critério em detrimento de outro, é necessário estabelecer uma relação de *trade-off* ou compensação.

Gomes (2007) examina os métodos multicritério e oferece importante contribuição, apresentando as características dos métodos mais comuns.

2.7.1 Métodos ELECTRE

Os métodos ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) – ELECTRE I, IS, II, III, IV e TRI – são refinamentos e adaptações a diferentes contextos de aplicação do primeiro método multicritério proposto por Roy (1996) . Os métodos ELECTRE constituem o cerne da chamada Escola Europeia do apoio multicritério à decisão (LOOTSMA, 1990b; ROY e VANDERPOOTEN, 1996). Por sua rica estrutura lógica e, sem dúvida, por seu pioneirismo no tratamento de problemas de decisão na presença de multicritério, considera-se seu principal autor, Bernard Roy, um dos grandes nomes da Teoria de Decisão.

De acordo com Gomes (2007), os métodos ELECTRE utilizam expressões algébricas da modelagem de preferências para resolver problemas de: a) seleção – ELECTRE (ROY,

1968; ROY e SKALKA, 1984); b) ordenação – ELECTRE II (ROY e HUGONNARD, 1982) e c) classificação – ELECTRE TRI (WEI, 1992). O conceito-chave dos métodos ELECTRE é o de relação de superação. Em outras palavras, afirma-se que uma alternativa supera outra quando a primeira é pelo menos tão boa quanto a segunda.

2.7.2 Método PROMETHEE

O método PROMETHEE pertence à família dos métodos de sobreclassificação (do inglês *outranking*, traduzido também como subordinação, prevalência ou superação). Esses métodos visam construir uma relação de sobreclassificação para representar as preferências dos decisores e resolver o problema de ordenação (BRANS, MARESCHAL e VINCKE, 1986).

Segundo Gomes (2007), foram propostos quatro variantes dessa família de métodos – PROMETHEE I, II, III, IV e V –, para solucionar problemas de ordenação. Essas variações são aplicadas a um sistema de relações de preferência nebulosas e utilizam comparações binárias – aos pares – entre as alternativas, comparando os seus desempenhos relativos para cada um dos critérios.

O Método PROMETHEE foi desenvolvido, para tratar de problemas multicritério discretos, ou seja, quando o conjunto de alternativas possíveis é finito (GOMES, 2007).

2.7.3 Teoria da Utilidade Multiatributo

A Teoria da Utilidade Multiatributo, também chamada por MAUT (Multiattribute Utility Theory), consiste em uma extensão natural da Teoria da Utilidade (FISHBURN, 1970) para o contexto no qual cada alternativa seja descrita por uma lista de atributos.

Utilidade é uma medida da satisfação decorrente do consumo de um bem ou de um serviço e é expressa por meio de uma função matemática denominada função de utilidade. Keeney e Raiffa (1976) introduziram o conceito de um problema decisório, na presença de múltiplos atributos, pela construção de uma função matemática. Essa função, denominada “função de

utilidade (ou de valor) multiatributo”, pode ter diferentes forma matemáticas, sendo a forma aditiva a mais empregada. De acordo com Gomes (2007), essa teoria permite obter a melhor solução para um problema decisório complexo, identificar os conjuntos das melhores soluções para tal problema ou, simplesmente ordená-las da melhor para a pior delas.

2.7.4 Método de Análise Hierárquica (AHP)

O Método AHP (abreviação do inglês Analytic Hierarchy Process) é utilizado para auxiliar na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o método ajuda a escolher e justificar sua escolha. Esse método permite incluir todos os fatores importantes, tangíveis ou intangíveis, que podem ser expressos qualitativa ou quantitativamente (SAATY, 1980).

A prática da tomada de decisões está ligada à avaliação das alternativas, todas satisfazendo um conjunto de objetivos pretendidos. O problema está em escolher a alternativa que melhor satisfaz o conjunto total de objetivos. Busca-se obter pesos numéricos para alternativas com relação a subobjetivos e para subobjetivos com relação a objetivos de ordem mais elevada.

O método citado e o da Teoria da Utilidade Multicritério fazem parte da chamada Escola Norte-americana de Apoio à Decisão, seguindo o enfoque prescritivo e o descritivo (GOMES, 2007).

2.7.5 Método MACBETH

O método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) foi desenvolvido por Bana e Costa e Vansnick, na década de 90 (BANA e COSTA, 2001; BANA E COSTA e VANSNICK, 1999; BANA E COSTA e VANSNICK, 2000). O foco principal do MACBETH é a interação entre os agentes e o analista de decisão.

De acordo com Gomes (2007), esse método orienta-se principalmente para a abordagem de problemas de seleção e de ordenação. Esse método contém elementos tanto da Escola Norte-

americana como da Europeia do apoio multicritério à decisão, com provável predominância da primeira sobre a segunda.

2.8 ESCOLHA DO MÉTODO

AHP e MACBETH são métodos similares de tomada de decisão que podem incorporar critérios tangíveis e intangíveis para classificar as alternativas. De acordo com Ishizaka e Siraj (2018), "[...] o MACBETH é, à primeira vista, muito semelhante ao AHP. No entanto, as duas principais diferenças da perspectiva do usuário são a escala de avaliação (intervalo em vez de razão) e a necessidade de ser consistente em fornecer julgamentos. No MACBETH, as prioridades não podem ser calculadas quando o DM (decisor) é inconsistente." A esse respeito, o método AHP foi escolhido para determinar os pesos e os critérios de avaliação da qualidade do serviço, pois esse método pode ser implementado em uma planilha simples, enquanto o MACBETH não pode ser implementado apenas com planilhas, pois o vetor de prioridades é calculado com modelo de programação linear (SALOMON, 2008).

PROMETHE e ELECTRE são métodos de superação, que podem ser aplicados a vários setores. Realizam comparações entre potenciais de ação por meio de relações binárias, calculando a superação de uma alternativa em relação à outra. Segundo Campos (2011), os métodos PROMETHEE e ELECTRE apresentam resultados semelhantes. Gomes et al. (2004) apontam que "[...] ambos os métodos são vulneráveis às subjetividades, particularmente quando se definem os parâmetros p e q dos pseudo-critérios. Apesar disso, os métodos PROMETHEE, quando comparados com os métodos ELECTRE, apresentam melhor resistência a variações nesses parâmetros." Além disso, os procedimentos do plano Geometrical Analysis for Interactive Aid (GAIA) complementam visualmente a técnica PROMETHEE (WEI, HOU, *et al.*, 2016). Essa ferramenta é usada, para analisar a influência dos pesos dos critérios nas alternativas. Embora ambos atendam aos requisitos exigidos para este estudo, o método PROMETHEE foi escolhido por causa da capacidade de geração de relatórios gráficos por meio do plano GAIA.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O propósito deste Capítulo é descrever os materiais e a abordagem metodológica usada na condução deste estudo para a solução do problema de pesquisa. Um algoritmo é definido e testado em um conjunto de empresas, identificando o passo a passo das diversas etapas do processo de medição da qualidade do serviço. A discussão dos resultados é apresentada no capítulo seguinte.

3.1 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Neste subtítulo, será descrito o procedimento, para medir a qualidade do serviço prestado por empresas de distribuição de energia elétrica, de acordo com as etapas do processo. A Figura 3.1 apresenta a proposta do processo, em forma de diagrama:

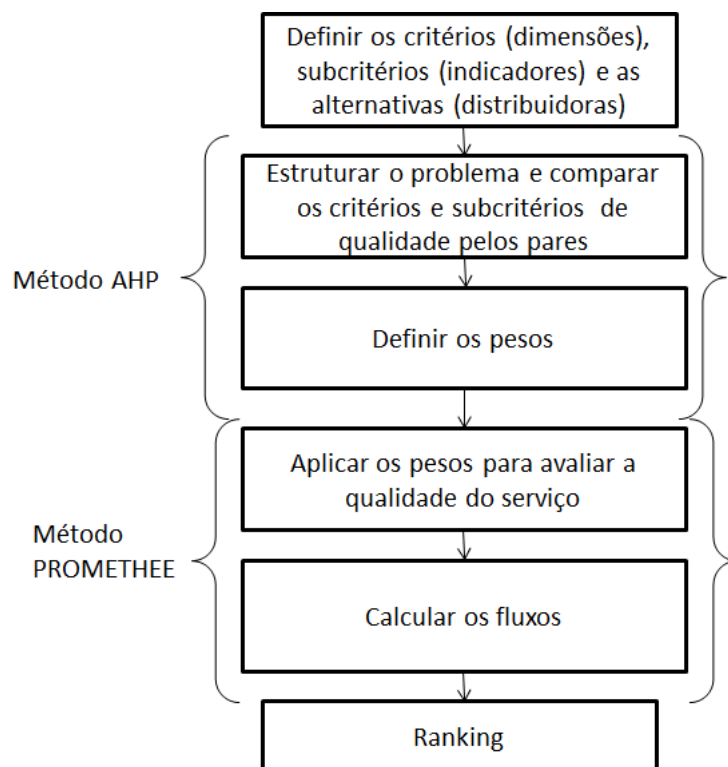


Figura 3.1 – Procedimento para medir a qualidade do serviço de empresas de distribuição de energia elétrica.

Fonte: (BARBOSA, SHAYANI e OLIVEIRA, 2018), baseado em (HALIM, SUDRAJAT, *et al.*, 2011).

O primeiro passo para medir a qualidade do serviço é definir quais são os critérios – dimensões – relevantes para a análise. Nos estudos que utilizam técnicas de multicritério, para avaliar a qualidade do serviço, é usual que a avaliação seja realizada considerando como critérios as diferentes dimensões (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007; LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008): qualidade comercial, continuidade do fornecimento e conformidade da tensão. Essas dimensões já foram exploradas no item relativo à Medição da Qualidade do Serviço.

Em seguida, foram escolhidos os subcritérios – indicadores. Esses indicadores foram obtidos na literatura e procuram representar cada dimensão da qualidade do serviço, representando o Índice de Qualidade do Serviço (IEEE, 2003; ANEEL, 2010; ANEEL, 2017), consoante a Figura 3.2:

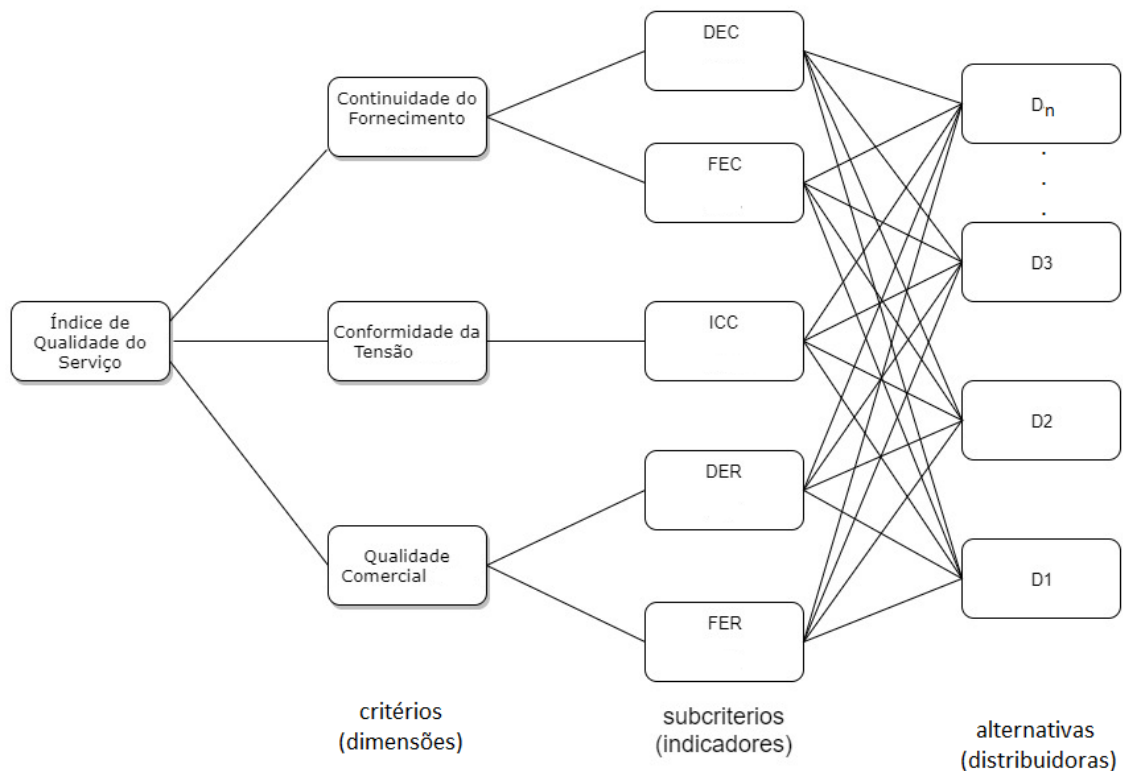


Figura 3.2 – Índice de Qualidade do Serviço.
Fonte: (BARBOSA, SHAYANI e OLIVEIRA, 2015).

Os subcritérios ou indicadores envolvendo os aspectos técnicos e não técnicos serão explorados no item a seguir.

Finalmente, simplificada, foram aplicados os métodos AHP e o PROMETHEE e GAIA para a solução do problema.

3.2 SUBCRITÉRIOS – INDICADORES PROPOSTOS

A operacionalização de um estudo desta natureza, segundo CATELLI (2009), deve abranger os seguintes elementos:

- a) definição do objetivo da avaliação;
- b) definição do objetivo da avaliação do desempenho;
- c) definição dos padrões de comparação;
- d) definição dos critérios;
- e) julgamento de valor e conclusões.

Já que o objetivo deste trabalho é estudar o desempenho sob a égide da tomada de decisão com vista a avaliar os aspectos técnicos e comerciais das distribuidoras de energia elétrica, foram considerados os entendimentos de especialistas, para, em seguida, selecionar uma gama de indicadores para a formulação de uma sistemática para diferenciação do desempenho da empresa.

Os aspectos técnicos e comerciais são normalmente agrupados em 3 dimensões: Qualidade Comercial, Continuidade do Fornecimento e Conformidade da Tensão. A partir dessas dimensões, foram selecionados os indicadores mais representativos.

A seguir, serão abordados os indicadores de Continuidade que vêm sendo apurados pelas distribuidoras no Brasil desde 1978 e aqueles que tratam da Qualidade Comercial, que vêm sendo apurados desde 2009.

3.2.1 Indicadores da qualidade dos serviços comerciais – DER e FER (comercial)

A qualidade dos serviços comerciais engloba um conjunto de aspectos do relacionamento, mas apenas alguns são mensuráveis. Alguns exemplos do relacionamento comercial no Setor

Elétrico são: pedido de ligação de nova unidade consumidora, vistoria da unidade consumidora, aferição de medidor, verificação de nível de tensão, religação normal e de urgência, emissão de segunda via de fatura, solicitação de informações, inclusão ou exclusão de cobrança autorizada pelo consumidor, solicitação de outros serviços. Tais solicitações de serviço podem gerar reclamações por parte dos consumidores das distribuidoras. Excluem-se dessas reclamações o restabelecimento do fornecimento em função de interrupções motivadas por defeitos ou avarias no sistema elétrico, a conformidade dos níveis de tensão e o ressarcimento de danos elétricos, contabilizados em outros indicadores.

No caso do Brasil, a Resolução Normativa - REN nº 414/2010 - ANEEL – que substituiu a Resolução Normativa nº 373/2009 - ANEEL – estabelece os indicadores Duração Equivalente de Reclamação - DER e Frequência Equivalente de Reclamação a cada mil Unidades Consumidoras – FER. Esses indicadores procuram avaliar a duração e a frequência médias em que a distribuidora responde às reclamações procedentes apresentadas pelos consumidores de sua área de concessão.

As reclamações dos consumidores recebidas pelas distribuidoras são classificadas de acordo com a tipologia do Anexo I da REN 414/2010, totalizando 50 subitens, a partir destes itens:

- ✓ informação;
- ✓ reclamação;
- ✓ solicitação de serviços;
- ✓ iluminação pública;
- ✓ elogios;
- ✓ reclamações improcedentes;
- ✓ outros;
- ✓ classificação urgência/emergência.

A distribuidora deve apurar mensalmente, conforme definido no Anexo I dessa Resolução, as seguintes informações, por tipo de reclamação:

I – quantidade de reclamações recebidas;

II – quantidade de reclamações procedentes;

- III – quantidade de reclamações improcedentes; e
- IV – prazo médio de solução das reclamações procedentes.

Na apuração dos indicadores DER e FER, são contabilizadas apenas as reclamações procedentes dos consumidores. Ainda nessa apuração, não são computados os tipos de reclamação referentes à interrupção do fornecimento de energia elétrica, à conformidade dos níveis de tensão e ao ressarcimento de danos elétricos, bem como às reclamações nas Ouvidorias das distribuidoras, nas agências estaduais conveniadas e na ANEEL. Para essas reclamações, a apuração é tratada em procedimentos específicos.

A importância desses indicadores está no fato de consolidar, de forma ponderada em relação ao número de consumidores, as reclamações desses relativas à qualidade comercial. De certa forma, existe semelhança com os tradicionais indicadores de continuidade DEC e FEC.

Apresenta-se a seguir a definição dos indicadores da qualidade comercial:

DER – Duração Equivalente de Reclamação:

$$DER = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Reclamações_Procedentes}(i) \times \text{PMS}(i)}{\sum_{i=1}^n \text{Reclamações_Procedentes}(i)} \quad 3.1$$

FER – Frequência Equivalente de Reclamação a cada mil Unidades Consumidoras:

$$FER = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Reclamações_Procedentes}(i)}{N_{cons}} \times 1000 \quad 3.2$$

onde:

Reclamações_Procedentes (i) = quantidade de reclamações procedentes dos consumidores do tipo “i” solucionadas pela distribuidora no período de apuração;

PMS(i) = prazo Médio de Solução das reclamações procedentes do tipo “i” no período de apuração, expresso em horas e centésimos de horas;

i = tipo de Reclamação, conforme “ n ” tipos possíveis definidos na tipologia do Anexo I da Resolução Normativa 414/2010;

N_{cons} = número de consumidores da distribuidora, no final do período de apuração.

Registra-se que, para o indicador DER, a ANEEL ainda não fixou os limites, encontrando-se em processo de construção. Já para o indicador FER, os limites estão estabelecidos na Resolução Normativa nº 574/2013 (ANEEL, 2013).

3.2.2 Indicadores da continuidade do fornecimento – DEC e FEC (técnico)

A continuidade do fornecimento está relacionada com a confiabilidade do sistema de distribuição. De modo geral, a continuidade é avaliada por dois indicadores coletivos: duração e frequência média das interrupções ocorridas no sistema de distribuição em que cada consumidor ficou sem energia.

No caso do Brasil, a continuidade é regulada pela ANEEL por meio do Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST (ANEEL, 2017). Esse regulamento apresenta todos os procedimentos técnicos que as empresas precisam seguir nesse assunto.

Esses indicadores são chamados de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (horas) - DEC e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (número de interrupções) – FEC. Esses indicadores são semelhantes aos apresentados na literatura internacional (IEEE, 2003): SAIDI e SAIFI, respectivamente. Eles são expressos segundo as seguintes Equações:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c} \quad 3.3$$

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c} \quad 3.4$$

onde:

i = índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto;

C_c = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT e;

DIC - Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão: $DIC = \sum_{i=1}^n t(i)$;

FIC - Frequência de Interrupção individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão: $FIC = n$;

onde:

i = índice de interrupções da unidade consumidora no período de apuração, variando de 1 a n ;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão, no período de apuração.

Compõem o cálculo dos indicadores de continuidade DEC e FEC as interrupções de longa duração iguais ou maiores do que 3 minutos. E há também algumas longas interrupções que não são contabilizadas nesses indicadores, como aquelas associadas a acontecimentos excepcionais (caso fortuito ou de força maior, por exemplo).

Os indicadores DEC e FEC são calculados por conjuntos de unidades consumidoras. De acordo com o PRODIST, conjunto é um agrupamento de unidades consumidoras atendidos por uma mesma subestação, pertencente a uma mesma área de concessão ou permissão.

Além dos indicadores de continuidade coletivos, cada consumidor tem a continuidade medida pelos indicadores individuais. Os consumidores são compensados financeiramente quando da ultrapassagem dos limites desses indicadores.

3.2.3 Indicador de conformidade dos níveis de tensão – ICC (técnico)

A qualidade da tensão é assunto extremamente técnico e complexo (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007). A maioria desses distúrbios nem sequer são percebidos pelos consumidores comuns. A Seção 8.1 do Módulo 8 regula a qualidade da tensão em sistemas de distribuição de energia. Trata dos seguintes fenômenos em regime permanente ou transitório:

a) Permanente

- i. tensão em regime permanente;
- ii. fator de potência;
- iii. harmônicos;
- iv. desequilíbrio de tensão;
- v. flutuação de tensão;
- vi. variação de frequência;

b) Transitório

- vii. variações de tensão de curta duração - VTCDs.

Dentre esses problemas de qualidade de tensão, a regulação de tensão se apresenta como o mais relevante (LÓPEZ, GLACHANT e PÉREZ, 2008). Para avaliar esse fenômeno, a ANEEL (2017) define os limites adequados, precários e críticos, os indicadores individuais e coletivos de conformidade de tensão elétrica, os critérios de medição, de registro e de prazos para compensação ao consumidor, caso as medições de tensão excedam os limites dos indicadores.

O termo “conformidade de tensão elétrica” refere-se à comparação do valor de tensão obtido por medição apropriada, no ponto de conexão, em relação aos níveis de tensão especificados como adequados, precários e críticos.

As medições regulamentadas pela ANEEL são:

- a) eventuais, por reclamação do consumidor ou por determinação da fiscalização da ANEEL;

- b) amostrais, por determinação da ANEEL, de acordo com sorteio realizado para cada trimestre; e
- c) ininterruptas, por meio do sistema de medição de que trata a Resolução Normativa nº 502/2012.

No caso dos indicadores individuais, são estabelecidos dois indicadores: o índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e o índice de duração relativa da transgressão para tensão crítica (DRC), para cada unidade consumidora, como as seguintes expressões:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \times 100[\%] \quad 3.5$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \times 100[\%] \quad 3.6$$

onde:

nlp e nlc representam o maior valor entre as fases do número de leituras situadas nas faixas precária e crítica, respectivamente.

É importante destacar, que de acordo com o PRODIST, o limite do indicador DRP é de 3%, enquanto o do indicador DRC é de 0,5% (ANEEL, 2017).

No caso dos indicadores coletivos, são firmados 3 indicadores: Duração Relativa de Transgressão de Tensão Precária Individual da Unidade Consumidora (i) – DRP_E, Duração Relativa de Transgressão de Tensão Crítica Individual da Unidade Consumidora (i) - DRC_E e Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica - ICC.

Para a determinação de Índices Equivalentes por Consumidor, devem ser calculados o índice de duração relativa da transgressão para tensão precária equivalente (DRP_E) e o de duração relativa da transgressão para tensão crítica equivalente (DRC_E), consoante as seguintes expressões:

$$DRP_E = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DRP_i}{NL} [\%] \quad 3.7$$

$$DRC_E = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DRC_i}{NL} [\%] \quad 3.8$$

onde:

NL representa o total de unidades consumidoras objeto de medição.

O Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica - ICC representa o percentual da amostra das medições de tensão realizadas na rede de distribuição de baixa tensão em cada área de concessão, cujos valores foram enquadrados como críticos, em conformidade. Esse indicador procura representar o nível de conformidade da tensão fornecida às unidades consumidoras.

Com base nas medições amostrais efetuadas em determinado trimestre, é calculado trimestralmente o Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica (ICC), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$ICC = \frac{N_C}{N_L} \cdot 100 [\%] \quad 3.9$$

onde:

NC = total de unidades consumidoras com DRC não nulo;

NL = total anual de unidades consumidoras objeto de medição.

No item seguinte, serão detalhados os dois métodos utilizados na avaliação da qualidade do serviço: o AHP e o PROMETHEE. Além disso, será apresentado o passo a passo para estabelecer a métrica para a avaliação da qualidade do serviço. Também serão apresentados os materiais utilizados neste trabalho.

3.3 PRINCIPAIS ETAPAS DA ANÁLISE DE DECISÃO ENVOLVENDO MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

A seguir, apresenta-se as principais etapas do desenvolvimento e do uso de uma função de valor multiatributo. Tais etapas são apresentadas sequencialmente, porém esse processo é, na prática, iterativo (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004):

Etapa 1 – Identificar os Tomadores de Decisão;

Etapa 2 – Definir as Alternativas;

Etapa 3 – Definir os Critérios:

A definição de alternativas e critérios é um processo iterativo. Novas alternativas podem sugerir novos critérios e vice-versa. Neste estudo, os critérios são os principais indicadores que caracterizam a qualidade do serviço de energia elétrica;

Etapa 4 – Avaliar as Alternativas em Relação aos Critérios:

Geralmente, essa parte do processo é denominada de pontuação (*scoring*). Nessa etapa procura-se quantificar o valor de cada alternativa em relação a cada critério. A escala de valor não é, necessariamente, uma função linear ou uma função monotônica da escala em que o critério é naturalmente medido;

Etapa 5 – Determinar a Importância Relativa dos Critérios:

Essa fase consiste em atribuir pesos aos critérios, a fim de demonstrar a importância de um critério para o tomador de decisão. Assim como na etapa anterior, existem muitas maneiras de conferir pesos aos critérios. Os pesos, como explicitado, são valores de *trade-off* ou taxas marginais de substituição. Eles determinam quanto de um critério se está disposto a ceder, com a finalidade de melhorar o desempenho de outro. Os valores dos pesos relacionam-se com as escalas de medida usadas na pontuação das alternativas. Dessa forma, os pesos de um critério envolvem o conceito psicológico de importância e o poder discricionário da escala na qual o critério é medido;

Etapa 6 – Determinar a Avaliação Global de Cada Alternativa:

Ao usar uma função de valor multiatributo, determina-se o valor ou a pontuação global de cada alternativa;

Etapa 7 – Análise de Sensibilidade:

É importante realizar uma análise de sensibilidade, especialmente nos pesos dos critérios, a fim de perceber a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças nas preferências do tomador de decisão.

3.4 FORMULÇÃO MATEMÁTICA DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Segundo Simon e Blume (2004), a análise de muitos modelos econômicos se reduz ao estudo de sistemas de equações. Ademais, alguns modelos econômicos mais estudados são modelos lineares.

Uma equação linear possui o seguinte formato:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b \quad 3.10$$

Em que as letras a_1, a_2, \dots, a_n representam números fixos e designados como parâmetros, e as letras x_1, x_2, \dots, x_n representam variáveis.

Hierarquia é um modo básico na coordenação ou organização, cujo objetivo é decompor a complexidade de um sistema. É utilizada, para coordenar experiências, observações, entidades e informações, e sua utilidade é fornecer os detalhes sobre a estrutura e as funções de um sistema. Segundo Gomes, Araya e Carignano (2004), um problema de decisão pode ser dividido em níveis hierárquicos, facilitando assim sua compreensão e sua avaliação.

O método AHP é um método multicritério utilizado, para auxiliar na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o método ajuda a escolher e a justificar a escolha. Esse método permite incluir todos os fatores importantes,

tangíveis ou intangíveis, que podem ser expressos qualitativa ou quantitativamente (SAATY, 1980).

Esse método teve origem em 1971, e, segundo o autor Saaty (1980), o AHP é uma “[...] metodologia para modelagem de problemas desestruturado nas atividades econômicas, sociais e gerenciais”.

E ainda objetiva facilitar a interação entre o discernimento e o fenômeno ao qual se aplica. Conforme explica Saaty, 1991, “Quando pensamos, identificamos objetos ou ideias e também sua inter-relação. Quando identificamos alguma coisa, decomposmos a complexidade encontrada. Quando descobrimos relações, sintetizamos”. O AHP caracteriza-se como uma forma matemática racional de lidar com julgamentos utilizando a decomposição e a síntese. Embora de aplicação relativamente simples, o embasamento teórico do AHP é fundamentado em conceitos de estática e cálculo matricial.

O AHP é baseado na comparação paritária dos critérios, buscando responder a duas perguntas principais: quais são os critérios de mais importância? Qual a proporção dessa importância? A metodologia do AHP constitui-se de decomposição por hierarquias e síntese pela identificação de relações por meio de escolha consciente.

Para Shimizu (2001), “AHP é atualmente um dos métodos mais comentados e aplicados na prática das decisões a múltiplos critérios envolvendo complexidade e subjetividade”. É utilizado ainda (SAATY, 1980; VARGAS, 1990; GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004), para solucionar problemas econômicos; administrativos; sociais; tecnológicos; educacionais; estratégicos; resolução de conflitos; jogos de guerra e de engenharia, dentre outros.

O método trabalha com um sistema de níveis estratificados de elementos de decisão que são sistematicamente agregados segundo propriedades comuns de identificação de cada nível hierárquico. O objetivo final é obtido pela determinação das prioridades, desde os fatores mais elementares, por meio de comparações prioritárias, gerando uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ou classificando-as, ao finalizar o método.

Essa metodologia é útil para solucionar problemas que envolvam conhecimento e julgamentos, por meio da estruturação do problema, da priorização das alternativas e do estabelecimento de critérios.

O AHP utiliza o processo fundamental da percepção, ou seja, a decomposição, o julgamento e a análise, sendo aplicável em situações que envolvam múltiplos objetivos e resultados e objetivem hierarquizar os elementos do conjunto. Segundo Gomes, Araya e Carignano (2004), os elementos fundamentais do método são os atributos e as propriedades, a correlação binária, a escala fundamental e a hierarquia.

A hierarquia é obtida pela avaliação paritária dos elementos do conjunto e dos critérios de seleção. Como resultado, as alternativas são escalonadas pela atribuição de pesos numéricos, que indicam o nível de importância de cada alternativa.

Portanto, assim como a mente humana que, ao deparar com um problema de comparação entre vários elementos de um conjunto, cria um processo de hierarquização, o AHP é um método cujo problema analisado é estruturado hierarquicamente. No nível mais alto, está o objetivo principal do estudo; nos níveis seguintes, estão os critérios (características) e, no nível mais baixo, as alternativas a serem decididas.

3.5 MATRIZES E ESCALA DE VALOR

O AHP trabalha com matrizes de comparação por meio da avaliação paritária da importância de uma característica ou um atributo sobre outra. Uma propriedade das matrizes de comparação é serem sempre quadráticas.

As matrizes mais importantes em modelos econômicos, conforme Simon e Blume (2004), são as quadradas. Nessas, o número de incógnitas se iguala ao de equações. As matrizes quadradas mais importante são as não singulares. As matrizes não singulares são [...] uma matriz quadrada cujo posto é igual ao número de suas linhas (ou colunas). Quando uma matriz dessas surge como a matriz de coeficientes de um sistema de equações lineares, o sistema terá uma, e somente uma solução”.

Quadro 3.1 – Escala de intensidade de importância.

Fonte: (SAATY, 1980).

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i	Uma designação razoável
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, para completar a matriz

Ao se considerar esse Quadro, é necessário muito cuidado na atribuição de determinada importância a um elemento em relação a outro, devido à possibilidade de gerar inconsistências. Nesse aspecto, Vargas (1990), sugere observar quatro axiomas:

1. comparação recíproca – é a capacidade de realizar comparações recíprocas do tipo: se a_1 é x vezes mais preferível que a_2 , então a_2 é $1/x$ mais preferível que a_1 ;
2. homogeneidade – as preferências devem ser representadas entre os elementos por uma escala limitada;
3. independência – os critérios de julgamento (pesos) devem ser independentes para cada alternativa;
4. expectativa – para o julgamento, supõe-se que a estrutura hierárquica esteja completa.

3.6 ETAPAS DO MÉTODO AHP

Segundo Saaty (1980), “A metodologia, portanto, deve ser útil para formular problemas incorporando conhecimento e julgamento de forma que as questões envolvidas sejam claramente articuladas, avaliadas, debatidas e priorizadas”. O método objetiva combinar sensações ou atividades diferentes com uma finalidade específica por meio de uma prioridade e de sua medida.

O processo de utilização do AHP possui basicamente cinco etapas:

- 1°. definir o problema e a estrutura hierárquica;
- 2°. construir matrizes de prioridade;
- 3°. obter as matrizes de prioridades relativas;
- 4°. checar as consistências das matrizes;
- 5°. decidir as prioridades.

3.6.1 Problema e estrutura hierárquica

Uma hierarquia (SAATY, 1980) pode ser entendida como um tipo particular de sistema em que as entidades são agrupadas em conjuntos distintos (subsistemas) por suas inter-relações, influenciando e sendo influenciada por outros grupos. Os elementos de cada grupo da hierarquia são independentes, e uma hierarquia bem construída é um modelo que tenta ser fiel à realidade, pois deve representar os elementos mais importantes e as suas relações.

Inicia-se o estudo do método AHP pela decomposição hierárquica dos elementos do problema. Essa etapa de estruturação do problema e a construção da hierarquia é de extrema importância, pois, a partir dela, será possível realizar o processo de comparação dos critérios e, posteriormente, das alternativas.

Um modelo hierárquico pode ser muito simples como também poder expandir-se em complexidade. Dependendo da quantidade de forças (critérios determinados pelas alternativas) e das subforças, dependendo das alternativas (cada qual com seu objetivo) e dos cenários traçados. Os objetivos estabelecidos irão influenciar as alternativas, e as

alternativas, sendo a base das forças, determinarão o impacto na consecução do objetivo final.

A Figura 3.3, extraída de Saaty (1980), apresenta a estrutura hierárquica de uma universidade, cujo objetivo é determinar qual o cenário que, com melhor certeza, garantirá a continuidade da instituição:

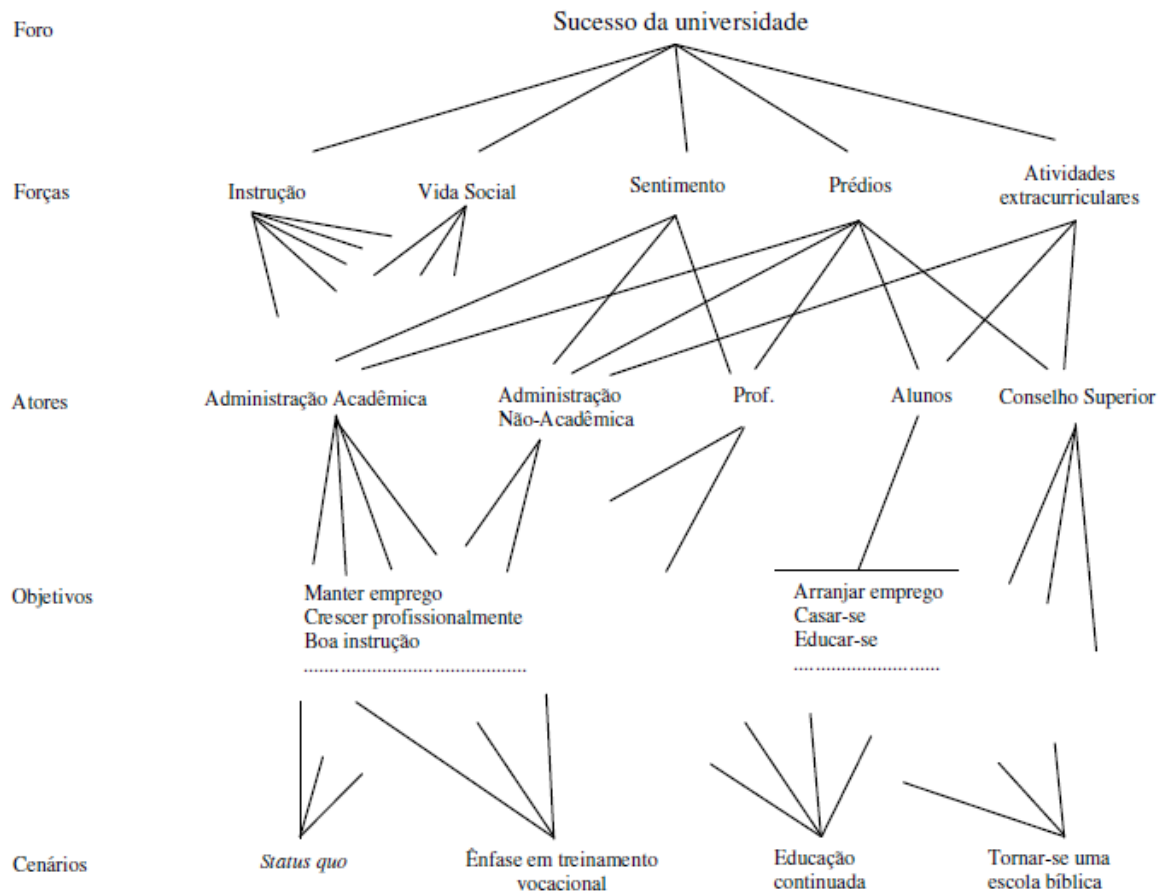


Figura 3.3 - Estrutura hierárquica

Fonte: Saaty, 1980.

A análise desse diagrama permite concluir que a estrutura hierárquica é composta de, pelo menos, os seguintes níveis:

1. objetivo ou meta da decisão;
2. critérios;
3. subcritérios;
4. alternativas.

Observa-se que, no topo, se situa o objetivo geral, e logo abaixo localizam-se os critérios (forças – que podem ser detalhados em vários outros níveis intermediários) associados ao problema de decisão; na parte mais inferior, estão as alternativas e os cenários.

A questão é determinar as prioridades dos elementos de um nível em relação a sua importância para os elementos do nível imediatamente superior. O método AHP compara um elemento do nível hierárquico mais elevado com todos os elementos do nível imediatamente inferior.

Dito de outra forma, a prática da tomada de decisões está ligada à avaliação de alternativas, todas satisfazendo a um conjunto de objetivos pretendidos. O problema está em escolher a alternativa que melhor satisfaz o conjunto total de objetivos. Busca-se obter pesos numéricos para as alternativas em relação a subobjetivos e para subobjetivos em relação a objetivos de ordem mais elevada. O meio de estruturar logicamente os objetivos e os subobjetivos do problema de decisão em análise é pela hierarquia, conforme a Figura 3.4:

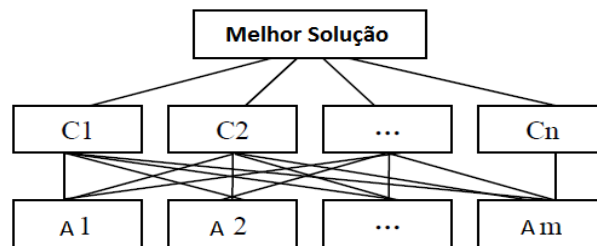


Figura 3.4- Estrutura hierárquica do problema
Fonte: (SAATY, 1980), com adaptações.

onde: C_n representa os critérios definidos (indicadores) e A_m (distribuidoras) representa as alternativas definidas pelos decisores.

3.6.2 Matrizes de prioridade

Os dados da matriz final consistem em n medidas de diferentes prioridades executadas sobre m amostras, de modo que a matriz será formada por $m \times n$ elementos (m corresponde a empresas e n colunas a indicadores).

Ocorre que as amplitudes e os valores de cada variável podem ser muito diferentes, de modo que a comparação direta entre variáveis conduziria a infundáveis ponderações. Uma maneira de resolver esses problemas, mantendo a informação estatística de dados, é realizar comparações aos pares.

Nessa etapa, inicialmente, cada critério é comparado aos pares, sendo agrupados em forma de matriz. Na segunda etapa, as alternativas são comparadas paritariamente, considerando cada critério individualmente.

As comparações paritárias são obtidas por questionamentos diretos, sendo que as respostas deverão ser dadas seguindo uma escala de valores predefinida dentro de uma matriz.

Conforme Saaty (SAATY, 1980), uma matriz de comparação é definida por:

$$A = (a_{ij}) \quad 3.11$$

Sendo $(i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$

Em que os elementos a_{ij} representam um número que indica a importância de I_i , quando comparado com I_j . Sendo esse elemento definido pelas seguintes regras:

- ✓ regra 1: se $a_{ij} = \alpha$, então $a_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$;
- ✓ regra 2: se I_i é julgado com igual importância a I_j , então $a_{ij} = 1$ e $a_{ji} = 1$ e, em caso particular, $a_{ii} = 1$, para todo i .

A matriz de comparação é representada por:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

São as comparações paritárias que irão determinar as prioridades entre os elementos da matriz, tendo em vista o objetivo predefinido. Contudo, são os pesos que externarão a

importância relativa de cada elemento, pois refletem os julgamentos quantitativos. É preciso descrever, em termos aritméticos, como os pesos w deverão relacionar-se com os julgamentos.

Em suma, dado o conjunto de critérios de quaisquer níveis $I_1, I_2, I_3, \dots, I_i$, os julgamentos quantitativos dos pares de critérios I_i, I_j devem ser representados por uma matriz $n \times n$. Trata-se portanto, de uma matriz quadrática, já que a comparação é sempre paritária.

Apresenta-se a seguir um exemplo de preenchimento da matriz A de julgamento, de acordo com o método AHP, em que os critérios são A, B e C.

$$\text{Matriz A} = \begin{bmatrix} A & B & C \\ A & 1 & 4 & 6 \\ B & 1/4 & 1 & 9 \\ C & 1/6 & 1/9 & 1 \end{bmatrix}$$

As posições da diagonal serão sempre 1, pois, um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os elementos da matriz acima da diagonal principal, julga-se, aos pares, e determina-se a intensidade de importância de acordo com o

Quadro 3.1, que apresenta a escala de comparações empregadas no método. Para as comparações inversas, isto é, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos dos da parte superior direita da mesma.

No caso da Matriz A, observa-se pela parte superior direita que todos os elementos-linha eram mais dominantes do que os elementos-coluna, pois todas as posições estão com números maiores que 1. Portanto, lê-se: A é 4 vezes mais dominante do que B e 6 vezes mais dominante do que C.

A consistência dessa matriz deve ser garantida. Se A é 4 vezes mais dominante do que B e A é 6 vezes mais dominante que C, então $A = 4B$ e $A = 6C$. Logo, a relação $B/C = 6/4$ é o elemento (B,C). Assim, se o julgamento desse elemento for diferente de $3/2$ a matriz é inconsistente, como é o caso.

3.6.3 Matrizes de prioridade relativas

Os pesos advêm de julgamentos. Eles podem resultar de medidas físicas precisas ou de julgamentos; pelo seu grau de complexidade, tem-se de recorrer a um processo de *brainstorming*¹⁴ (SAATY, 1980), por meio de todos os dados relevantes para aquela hierarquia. No primeiro caso, a simples comparação paritária irá determinar quanto um indicador é maior ou menor que o outro. No segundo caso, os elementos serão agregados em grupos com a dominância entre os grupos, obtidos por um processo de julgamento do(s) avaliador(es) ou por um processo estatístico.

São então, numa situação ideal, definidos pela Equação:

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad 3.12$$

para $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Tem-se então a matriz:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

O passo seguinte é a normalização da matriz de prioridades, que é o processo de cálculo dos pesos relativos. Segundo Saaty (1980) Saaty, 1980, o processo de normalização da matriz, em que se calcula o autovetor o qual, quando normalizado, se torna o vetor de prioridade, pode ser obtido, dentre outras, da seguinte forma: toma-se a soma dos elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos¹⁵ dessas somas. Para normalizar-se de um modo que esses números deem como soma a unidade, divide-se cada recíproco pela soma dos recíprocos.

¹⁴ *brainstorming* significa tempestade cerebral ou tempestade de ideias. É uma expressão inglesa formada pela junção das palavras "*brain*", que significa cérebro, intelecto, e "*storm*", que significa tempestade.

¹⁵ Recíprocos: quando uma atividade i em relação a uma atividade j recebe um dos valores da escala fundamental de Saaty (1980), a atividade j em relação à atividade i receberá o mesmo valor.

Dessa forma, o resultado da matriz normalizada é dado por:

$$A' = [a'_{ij}] \quad 3.13$$

onde: $a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik}$, para $1 \leq i \leq n$, e $1 \leq j \leq n$.

O último passo é o cálculo do peso relativo de cada alternativa, o qual define a relevância de cada uma. O peso é obtido por meio do valor médio em cada linha, determinado por:

$$W = [w_k] \quad 3.14$$

onde: $w_k = (\sum_{j=1}^n a_{kj}) / n$, para $1 \leq j \leq n$, e $1 \leq k \leq n$.

3.6.4 Consistência da matriz

Seja $A(a_{ij})$ uma matriz $n \times n$ de elementos positivos, $a_{ij} = 1/a_{ji}$. A matriz A é consistente se, e somente se, $\lambda_{max} \geq n$ (SAATY, 1980).

Os valores de a_{ij} podem não ser baseados em medidas exatas, mas em julgamentos subjetivos. Tal situação possibilita que seus valores tenham um desvio em relação à razão ideal, sendo necessário mediar a consistência das matrizes, para verificar se sua proposição é no mínimo aceitável.

A consistência será verificada por meio de dois axiomas. O primeiro considera que:

Existem $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$, tal que satisfaça a equação $Ax = \lambda x$

onde x é um vetor de pesos e λ é um autovalor (escalar).

Se a matriz “ A ” é consistente, então todos os autovalores serão iguais a zero, com exceção de um que será n , o maior valor λ_1 .

O segundo axioma considera que:

Se a diagonal da matriz “A” for de números com $a_{ij} = 1$, e se “A” for consistente - pequenas variações de a_{ij} manterão o maior autovalor, λ_{max} , próximo de n e os autovalores restantes próximos a zero.

Portanto, é necessário encontrar o autovetor “w” de pesos que satisfaça à equação:

$$Aw = \lambda_{max} w \quad 3.15$$

onde:

A é a matriz de comparação par a par entre o elemento i com o elemento j e λ_{max} é o maior autovalor de A.

O autovetor “w” fornecerá a ordenação por nível de importância dos atributos correspondentes entre λ_{max} e n . Quanto mais próximo λ_{max} estiver de n , maior será a consistência dos juízos.

Para obter o autovetor a partir da Equação 3.16, tem-se:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad 3.16$$

O Índice de Consistência - IC dado pela Equação 3.17:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad 3.17$$

A razão de consistência RC é calculada pela Equação 3.18:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad 3.18$$

O Quadro 3.2 apresenta o Índice Randômico - IR. Esse índice, apresentado por Saaty (1980), foi calculado a partir de uma amostra aleatória de 500 matrizes recíprocas positivas de dimensão 11 por 11. Contudo, Saaty (1980), apresenta uma escala para $n = 12, 13, 14$ e 15 ,

utilizando os valores calculados para essas dimensões provenientes do trabalho de laboratório nacional de Oak Ridge.

Quadro 3.2 – Índice Randômico (I)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: (SAATY, 1980).

Considera-se uma matriz de julgamentos subjetivos consistentes, quando o valor da razão de consistência é menor que 0,10. Caso contrário, recomenda-se uma revisão de comparação.

3.6.5 Decisão final das prioridades

A definição final será encontrada a partir da comparação das alternativas, duas-a-duas, em relação a cada atributo (o número de matrizes de comparação das alternativas será igual ao número de atributos, por exemplo: no caso de 6 atributos, ter-se-iam 6 matrizes de comparação). As comparações das alternativas são feitas com base na tabela de Saaty (1980), e geram matrizes com as mesmas características da matriz “A”, sendo realizado o cálculo do autovetor para cada matriz separadamente.

Por fim, para alcançar o objetivo de verificar qual das características é a melhor, ou seja, a mais importante na opinião do julgador, deve-se obter a ordenação final delas. Para isso, após realizar a comparação das alternativas, forma-se uma matriz com os respectivos autovetores em forma de coluna. Essa matriz será multiplicada por um vetor “T”. O resultado dessa multiplicação é um novo vetor que fornecerá uma resposta de qual é o melhor item, considerando todos os atributos e o quanto cada um deles está presente nas alternativas. A melhor alternativa é aquela que possuir maior peso no vetor final.

Como é mais conveniente trabalhar com um autovetor normalizado, calcula-se o autovetor “T” que é o autovetor “w” normalizado pela soma de entradas.

Calcula-se “T” por meio da Equação 3.19:

$$T = \left[\frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad 3.19$$

A associação dos pesos à escolha da decisão final deverá basear-se naquela alternativa que obtenha o maior escore (peso relativo). Esse cálculo é efetuado pela multiplicação dos pesos de cada critério relacionado à alternativa indicada. Dessa forma, o autovalor correspondente é dado por:

$$\lambda_{max} = T \cdot v \quad 3.20$$

onde v é o somatório das colunas da matriz recíproca.

3.6.6 Vantagens e limitações do modelo AHP

O modelo AHP tem como base para a solução do problema de decisão a formulação de uma estrutura hierárquica. Nessa estrutura hierárquica, ocorre um processo de medidas e de julgamentos; neles se encontra a maioria das limitações imputadas ao modelo. O caráter eminentemente subjetivo dos julgamentos é o ponto central das críticas.

Os estudos permitiram identificar algumas limitações ao modelo AHP (SAATY, 1980): distinção das prioridades dos níveis de hierarquia dependem do julgamento do pesquisador; subjetividade na formulação das matrizes de preferência; possibilidade de não haver isenção no processo de avaliação.

Realmente, o aspecto mais delicado da metodologia é a definição dos objetivos, atributos, critérios e atividades. Nesse aspecto, Saaty (1980), sugere a necessidade de o interessado (pesquisador/analista) desenvolver profundo estudo da literatura concernente ao tema de decisão e até promover sessões de *brainstorm* para defini-los.

Quanto à hierarquia, apesar de requerer conhecimento e experiência na área do problema, Saaty (1980) relaciona suas vantagens:

1. A representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam as dos níveis mais baixos;

2. Eles dão grandes detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral dos atores e de seus propósitos nos níveis mais altos. Limitações nos elementos de um nível são representadas melhor no nível mais alto seguinte para assegurar que eles sejam satisfeitos;
3. Os sistemas naturais montados hierarquicamente, isto é, por meio de construção modular e montagem final de módulos, desenvolvem-se muito mais eficientemente que os montados de um modo geral;
4. Eles são estáveis e flexíveis; estáveis porque pequenas modificações têm efeitos pequenos; e flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho.

Quanto aos problemas de julgamento e consistência, ponto central não está no método, mas na inconsistência das pessoas. Insistências que podem ocorrer por desconhecimento técnico, falta de experiência, falta de envolvimento ou falta de neutralidade no processo de julgamento. Se as prioridades estiverem bem definidas e, como afirma Vargas (1990), os julgamentos se pautarem pela comparação recíproca, pela homogeneidade, pela independência e pela expectativa, é possível atingir consenso.

Como destaca o autor (SAATY, 1980), o AHP é um método multicritério para a resolução de problemas complexos de decisão, que utiliza uma formulação matemática racional de lidar com os aspectos qualitativos que cercam as pessoas e os objetivos envolvidos.

3.7 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MÉTODO PROMETHEE II

Neste subtítulo, será detalhada a formulação matemática do método PROMETHEE II, por ser o mais completo, para solucionar o problema de ordenação. Assim, desse ponto em diante, o PROMETHEE II será chamado apenas de PROMETHEE.

Seja $A = \{a_1, \dots, a_k\}$ as finitas alternativas e $G = \{g_1, \dots, g_k\}$ os critérios pesquisados. Sem perda de generalidade, pode-se assumir que esses critérios têm de ser maximizados, conforme a Equação 3.21:

$$\max\{g_1(a), g_2(a), \dots, g_j(a), \dots, g_k(a) \mid a \in A\} \quad 3.21$$

Cada critério tem a própria unidade e, geralmente, é possível que alguns critérios possam ser minimizados e outros maximizados. A expectativa do decisor é identificar um conjunto de

soluções que otimize todos os critérios. No entanto, não há o ótimo absoluto e a seleção das soluções depende principalmente da preferência do decisor. Para cada critério, uma função de preferência deve ser especificada. Ele representa o comportamento ou a atitude do decisor em relação às diferenças entre os controles de determinado critério j . A função de preferência pode ser definida como segue (Equação 3.22):

$$\begin{cases} P_j(a, b) = 0, & a \text{ e } b \text{ são indiferentes} \\ P_j(a, b) \approx 0, & \text{preferência fraca de } a \text{ em } b \\ P_j(a, b) \approx 1, & \text{preferência forte de } a \text{ em } b \\ P_j(a, b) = 1, & \text{preferência estrita de } a \text{ em } b \end{cases} \quad 3.22$$

onde:

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)], \forall a, b \in A \quad 3.23$$

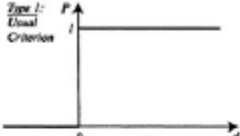

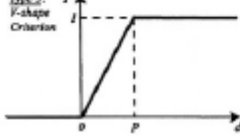
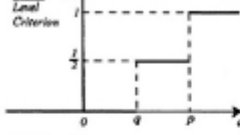
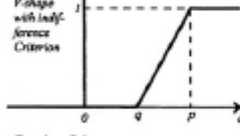
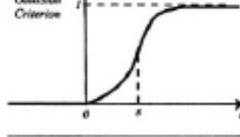
$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad 3.24$$

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1 \quad 3.25$$

A metodologia do PROMETHEE propõe seis tipos de função de preferência particular: critério usual, critério linear, critério com níveis, critério na forma de U, critério na forma de V e critério Gaussiano (BRANS, MARESCHAL e VINCKE, 1986; BRANS e VINCKE, 1985), conforme a Tabela 3.1:

Tabela 3.1 - Seis tipos de critérios generalizados

Fonte: (BRANS e MARESCHAL, 2005).

Generalised criterion	Definition	Parameters to fix
<p>Type 1: Usual Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	-
<p>Type 2: U-shape Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
<p>Type 3: V-shape Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
<p>Type 4: Level Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
<p>Type 5: V-shape with half- ference Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
<p>Type 6: Gaussian Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	s

Os valores retornados pelas funções de preferência são denominados intensidades de preferência e são a base para o cálculo do índice de preferência, que representa a intensidade com que uma alternativa “a” é preferida em relação à alternativa “b” considerando-se o peso ω_j de cada critério “j” para todos os “k” critérios analisados. Seu cálculo é realizado pela expressão a seguir (Equação 3.26), onde w_j é o peso, representando a medida de importância de cada critério:

$$\pi(a, b) = \sum_{n=1}^k P_j(a, b)w_j \quad 3.26$$

As seguintes propriedades são permitidas para todo $(a, b) \in A$:

$$\begin{cases} \pi(a, a) = 0 \\ 0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \\ 0 \leq \pi(b, a) \leq 1 \\ 0 \leq \pi(b, a) + \pi(a, b) \leq 1 \end{cases} \quad 3.27$$

Então, pode-se obter $0 \leq \pi(b, a) + \pi(a, b) \leq 1, \forall a, b \in A$.

É claro que

$\{\pi(a, b) \sim 0$ implica **a** com fraca preferência em relação a **b**
 $\{\pi(a, b) \sim 1$ implica **a** com forte preferência em relação a **b**

Depois de calculados os índices de preferência, são calculados os fluxos positivo, negativo e líquido para cada alternativa. Esses fluxos são calculados pelas Equações 3.28, 3.29 e 3.29, respectivamente, onde “a” representa a alternativa para a qual o fluxo está sendo calculado e “x” varia representando as n-1 alternativas diferentes de “a”.

$$\varphi^+(a) = \frac{\sum_{x \neq a} \pi(a, x)}{n - 1} \quad 3.28$$

$$\varphi^-(a) = \frac{\sum_{x \neq a} \pi(x, a)}{n - 1} \quad 3.29$$

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a), \forall a \in A \quad 3.30$$

O fluxo positivo representa a intensidade com que uma alternativa é preferida ou superada por todas as outras. Já o fluxo negativo representa a intensidade com que uma alternativa é superada pelas demais. A Figura 3.5 ilustra os fluxos de superação positivo representado por (a) e negativo representado por (b):

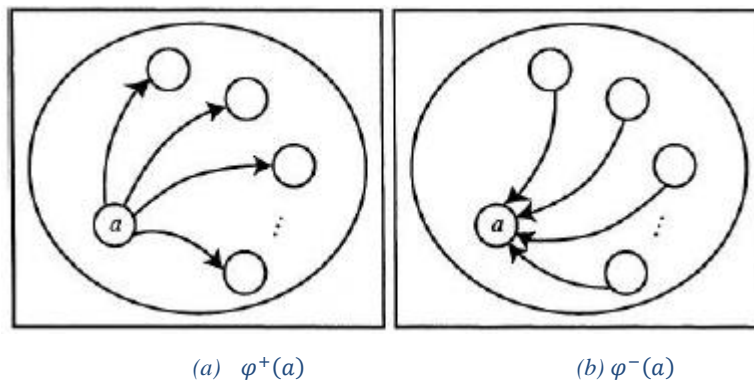


Figura 3.5 - Fluxos de superação positivo e negativo.
 Fonte: (BRANS e MARESCHAL, 2005).

3.7.1 PLANO GAIA

Os procedimentos do plano GAIA (Graphical Analysis for Interactive Assistance) surgiram, para complementar visualmente as técnicas PROMETHEE. Essa ferramenta foi desenvolvida inicialmente por Brans e Mareschal (1988) e provê informações gráficas sobre os aspectos conflitantes dos critérios e sobre o impacto dos pesos na decisão final, enriquecendo a visão dos decisores sobre o problema.

Assim, define-se o GAIA como o plano para o qual a maior parte da informação é preservada após a projeção dos pontos que representam as alternativas e os vetores que representam os critérios no espaço K-dimensional. Obtém-se, por análise de componentes principais, como explicado por Brans e Mareschal (1994), a medida de quanto da informação é preservada após a projeção realizada. Normalmente, os valores superiores a 80% são desejados, embora aqueles em torno de 60% já sejam satisfatórios (BRANS e MARESCHAL, 2005), consoante a Figura 3.6:

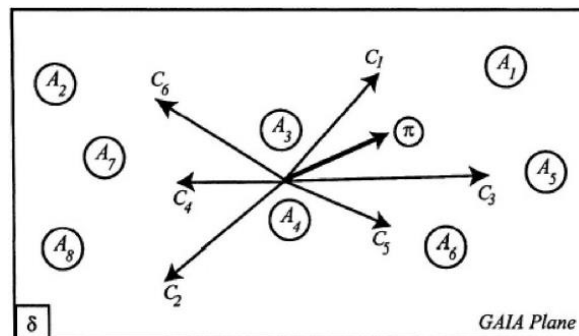


Figura 3.6 – Plano GAIA

Fonte: (BRANS e MARESCHAL, 2005).

O Plano GAIA fornece uma visão geral das alternativas e como elas estão relacionadas a cada um dos critérios e entre si. Ele contém as seguintes propriedades (BRANS e MARESCHAL, 2005):

- ✓ quanto mais perto uma alternativa está localizada de outra, mais elas são semelhantes (na Figura 3.6, por exemplo, as alternativas A2, A7, e A8 são semelhantes umas das outras e bastante diferentes das alternativas A1, A5 e A6);

- ✓ as alternativas que estão na direção de um critério particular são relativamente melhores nesse critério (a alternativa A2 é bem avaliada no critério C6 e mal avaliada no critério C5);
- ✓ o ângulo entre dois eixos dos critérios está relacionado com a correlação entre esses critérios: ângulos perto de 0° indica grande correlação entre os critérios; ângulos ao redor 180° mostram que os dois critérios são conflitantes; os ângulos ortogonais ilustram que os critérios não são relacionados um com o outro.

O vector π representado na Figura 3.6 é uma forma de considerar os pesos dos critérios. Pode-se denominar π como o vetor de decisão segundo o método PROMETHEE. De acordo com a ordenação obtida, obtém-se:

A1; A5; A6; A3; A4; A7; A2; A8

Também é possível notar que, se os pesos se alterarem, o vetor de decisão se moverá no plano GAIA. Por exemplo, se determinado critério tinha um peso de 100%, o vetor decisão seria coincidente com o desse critério.

De acordo com Behzadian (2010), os métodos PROMETHEE (I, II, III, IV e V) são bem aceitos no contexto acadêmico, tendo por base a revisão de 217 artigos que aplicaram esse método. As aplicações abrangeram diversas áreas como Medicina, Agricultura, Gestão Ambiental, Resíduos Sólidos, Gestão de Recursos Hídricos, Logística e Transporte, Administração Financeira e Negócios entre outras.

3.8 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO

De acordo com o fluxograma apresentado, inicialmente foi definida a estrutura hierárquica do problema, considerando as dimensões e os indicadores da qualidade do serviço: Continuidade (DEC e FEC), Conformidade (ICC) e Qualidade Comercial (DER e FER), conforme a Figura 3.2.

Em seguida, foi utilizado o método AHP, para elaborar a matriz apresentada no

Quadro 3.3, por meio da comparação, par a par, da importância relativa de todas as dimensões. O julgamento reflete as respostas de duas perguntas: qual das duas dimensões contribui mais para maximizar a qualidade do serviço e com que intensidade, usando a escala de 1-9, do Quadro 3.1.

A título de exemplo, o elemento a_{12} resulta da comparação entre Continuidade e Conformidade. Após a comparação de todas as dimensões entre si, serão preenchidos os elementos acima da diagonal principal. Por causa da relação de reciprocidade, os elementos abaixo da diagonal principal são o inverso dos elementos acima da diagonal principal. No caso do elemento a_{21} é igual a $1/a_{12}$. Os elementos da diagonal principal são iguais a 1. O processo é robusto, porque diferenças sutis em uma hierarquia na prática não se tornam decisivas.

A definição da matriz de julgamentos foi realizada a partir da opinião de um especialista no assunto, que conta com longa experiência na área dos serviços de distribuição de energia elétrica, com a utilização do Quadro 3.1. Outra forma por que poderiam ser obtidos os pesos seria por meio de uma audiência pública com especialistas:

Quadro 3.3 – Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensões da Qualidade	Continuidade	Conformidade	Qualidade Comercial
Continuidade	1	2	3
Conformidade	0,5	1	2
Qualidade Comercial	0,33	0,50	1

O passo seguinte é a normalização das colunas da matriz por meio da Equação 3.18. Essa normalização é realizada dividindo a soma de cada coluna por cada elemento dessa mesma coluna. O Quadro 3.4 apresenta o resultado dessa normalização:

Quadro 3.4 – Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP, incluindo os pesos
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensões da Qualidade	Continuidade	Conformidade	Qualidade Comercial	Pesos
Continuidade	0,546448087	0,571428571	0,5	0,54
Conformidade	0,273224044	0,285714286	0,333333333	0,30
Qualidade Comercial	0,180327869	0,142857143	0,166666667	0,16

A última coluna dessa matriz representa a média aritmética de cada linha. Ademais, essa coluna é o vetor de prioridades, sendo encontrados os pesos objeto de interesse do problema, conforme o Quadro 3.5:

Quadro 3.5 – Pesos das dimensões obtidos com o Método AHP
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Peso\Dimensão	Continuidade	Conformidade	Qualidade Comercial
Peso	0,54	0,30	0,16

Portanto, a ordem de prioridade dos critérios é Continuidade, Conformidade e Qualidade Comercial.

Posteriormente, deve ser calculado o RC dos juízos realizados pelo decisor. Deve-se lembrar que, para as matrizes de ordem dois, o RC é igual a zero. Usando a Equação 3.15, para obter o autovetor, tem-se:

$$A\mathbf{w} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,54 \\ 0,30 \\ 0,16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,624 \\ 0,894 \\ 0,490 \end{bmatrix}$$

Aplicando a Equação 3.16, obtém-se:

$$\lambda_{max} = 1/3 \left(\frac{1,624}{0,54} + \frac{0,894}{0,30} + \frac{0,490}{0,16} \right) = 3,006$$

Para conhecer a consistência dos julgamentos, é calculado o Índice de Consistência – IC, conforme a Equação 3.17:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3,006 - 3}{3 - 1} = 0,003$$

A Razão de Consistência - RC é dada pela Equação 3.18:

$$RC = IC/IR = 0,003/0,58 = 0,005$$

sendo o Índice Randômico - IR obtido do Quadro 3.2. Esse valor é igual a 0,58 para $n = 3$.

Dessa forma, o valor de RC é igual a 0,005, ficando dentro da margem definida pelo autor do método (SAATY, 1980), que é de 0,1.

Também é preciso definir os pesos dentro de cada dimensão. Para as dimensões Qualidade Comercial e Continuidade, o decisor fez as escolhas de acordo com o Quadro 3.6 e o Quadro 3.7. Esses valores de julgamento resultam em pesos de aproximadamente 0,66 para o DEC e 0,34 para o FEC do peso da dimensão Qualidade Comercial. Essa mesma proporção foi obtida para a dimensão Continuidade, na proporção de 0,66 para o DER e 0,34 para o FER do peso dessa dimensão. O índice de Consistência foi calculado em 0,0%. Isso já era esperado, pois, para uma matriz de julgamento com no máximo duas variáveis, o Índice de Consistência é igual a zero. Para o caso da dimensão Conformidade, o indicador ICC representa a própria dimensão com um peso de 1, como o Quadro 3.8:

Quadro 3.6 - Matriz de julgamento de acordo como Método AHP para a dimensão Qualidade Comercial

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensão Qualidade Comercial	DER	FER
DER	1	2
FER	0,5	1

Quadro 3.7 - Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP para a dimensão Continuidade

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensão Continuidade	DEC	FEC
DEC	1	2
FEC	0,5	1

Quadro 3.8 - Matriz de julgamento de acordo com o Método AHP para a dimensão Conformidade

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dimensão Conformidade	ICC
ICC	1

Dessa forma, aplicando os percentuais de cada indicador no respectivo critério, são encontrados os pesos para todos os indicadores, conforme o Quadro 3.9:

Quadro 3.9 – Pesos finais

Fonte: Elaborado pelo autor.

DEC	FEC	ICC	DER	FER
0,36	0,18	0,30	0,10	0,06

Com a formação dessa matriz, encontram-se os pesos de cada critério em ordem de importância. Essa comparação foi realizada a partir da experiência do autor sobre o assunto. Uma forma de avaliar a consistências desses pesos ocorre por meio da análise de sensibilidade, que será realizada na seção de resultados.

Nesse ponto pode-se obter o *ranking* da qualidade do serviço a partir desses pesos por meio do método AHP. Mesmo assim, foi utilizado o método PROMETHEE, dada a característica desse de ser não compensatório (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). Em outras palavras, uma distribuidora bem posicionada no *ranking* resulta de boa avaliação em todos os critérios e vice-versa.

Com a definição desses pesos, foi utilizado o método PROMETHEE, para priorizar as alternativas (distribuidoras). A avaliação foi realizada usando a métrica definida pelo método AHP, por meio da definição dos pesos. Ao se aplicarem os pesos para cada critério, encontra-se a pontuação de cada alternativa

O Método PROMETHEE admite analisar o grau de complexidade do problema em análise por meio do procedimento gráfico denominado GAIA, permitindo verificar a maior ou menor influência dos pesos dos critérios nos resultados.

A seguir, há a aplicação do método proposto a um grupo de 4 e de 25 distribuidoras de energia elétrica do Brasil com mais de 1 milhão de unidades consumidoras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo serão apresentados os resultados e as discussões oriundos da aplicação do método desenvolvido para dois casos: no Caso 1, será analisado um grupo de 4 distribuidoras e, no Caso 2, outro grupo com 25 empresas distribuidoras do Brasil, com unidades consumidoras maiores que 1 milhão.

A escolha desse conjunto de empresas foi baseada na classificação utilizada pelo Grupo de Trabalho de Confiabilidade da Distribuição de acordo com IEEE Benchmark (2017). Esse Grupo realiza, anualmente, pesquisa sobre a confiabilidade das redes nos Estados Unidos nas distribuidoras locais. Classifica as distribuidoras de acordo com o número de consumidores:

- ✓ pequenas empresas: número de consumidores menor ou igual a 100.000;
- ✓ médias empresas: número de consumidores maior que 100.000 e inferior a 1 milhão;
- ✓ grandes empresas: número de consumidores maior que 1 milhão.

4.1 ESTUDO DE CASO 1

4.1.1 Resultados do Estudo de Caso 1

O Quadro 4.1 apresenta os dados das empresas utilizados, disponibilizados no sítio da ANEEL para, a título de exemplo, 2013. O Apêndice B apresenta os dados das empresas, além de outras informações. Quanto menor o indicador, melhor é a distribuidora nesse indicador específico:

Quadro 4.1 - Dados de indicadores de 4 distribuidoras

Fonte: Elaborado pelo autor.

Distribuidora	Legenda	DEC	FEC	ICC	DER	FER
		(Hora)	(n° interrupção)	(%)	(Hora)	n° reclamação/100.000
COELCE	A1	7,54	5,61	3,45	6,04	11,15
LIGHT	A2	11,33	5,76	2,3	169,45	21,64
ELETROPAULO	A3	10,6	5,43	9,58	592,21	37,28
CEMIG-D	A4	12,99	6,55	5,75	71,15	4,23

A seguir, o Quadro 4.2 apresenta o *ranking* das 4 distribuidoras em análise com mais de um milhão de unidades consumidoras, cujos dados estão disponíveis no sítio da ANEEL, referente a 2013.

Quadro 4.2 - *Ranking* de 4 distribuidoras.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ranking	Distribuidora	Fluxo ¹⁶		
		φ (a) (líquido)	φ^+ (a)	φ^- (a)
1	COELCE	0,1909	0,1997	0,0088
2	LIGHT	-0,0035	0,0723	0,0758
3	CEMIG-D	-0,0583	0,0696	0,128
4	ELETROPAULO	-0,1291	0,0438	0,1729

O fluxo positivo $\varphi^+(a)$ representa a intensidade em que uma alternativa é preferida ou supera todas as outras. Já o fluxo negativo $\varphi^-(a)$ representa a intensidade em que uma alternativa é superada pelas demais. O fluxo $\varphi(a)$ líquido é a diferença entre os fluxos $\varphi^+(a)$ e $\varphi^-(a)$ e representa a posição final no *ranking*.

Destaca-se que esses resultados foram obtidos com os valores absolutos dos indicadores, não sendo ainda possível com os valores relativos – consiste na razão do valor apurado pelo respectivo limite –, pois ainda não foram estabelecidos os limites do indicador DER na legislação brasileira.

Outra forma complementar de avaliação é pelo plano PROMETHEE-GAIA. A Figura 4.1 apresenta o *ranking* das distribuidoras em análise. Nela são visualizados o vetor de decisão (cor vermelha) e as distribuidoras (cores azuis e formato diamante). Esses resultados mostram que, quanto maior – com a origem dos eixos como ponto de origem - a projeção positiva da empresa sobre o vetor de decisão, melhor é sua colocação. De forma contrária, quanto maior a projeção negativa da empresa, pior é a sua colocação. No caso, a melhor

¹⁶ A função de preferência utilizada para os indicadores foi a linear.

colocação foi obtida pela COELCE (A1), em seguida vem a LIGHT (A2), em terceiro vem a CEMIG –D (A4), enquanto a pior colocação foi obtida pela ELETROPAULO (A3).

Além disso, observa-se que a COELCE apresenta, praticamente, os melhores indicadores individualmente, enquanto a ELETROPAULO apresenta, praticamente, os piores, evidenciando a característica do método PROMETHEE de ser não compensatório.

Em relação ao GAIA, esse é definido como o plano para o qual a maior parte da informação é preservada após a projeção dos pontos que representam as alternativas e os vetores que representam os critérios no espaço de 5 dimensões. Nesse caso, 98,0% das informações foram preservadas. Além disso, apresenta o vetor decisão (cor vermelho), os vetores critérios (cores azuis com o losango) e as empresas (azuis com o quadrado). Nessa Figura, observa-se que os indicadores com maior peso (DEC, FEC e ICC) exercem mais influência na posição do vetor decisão.

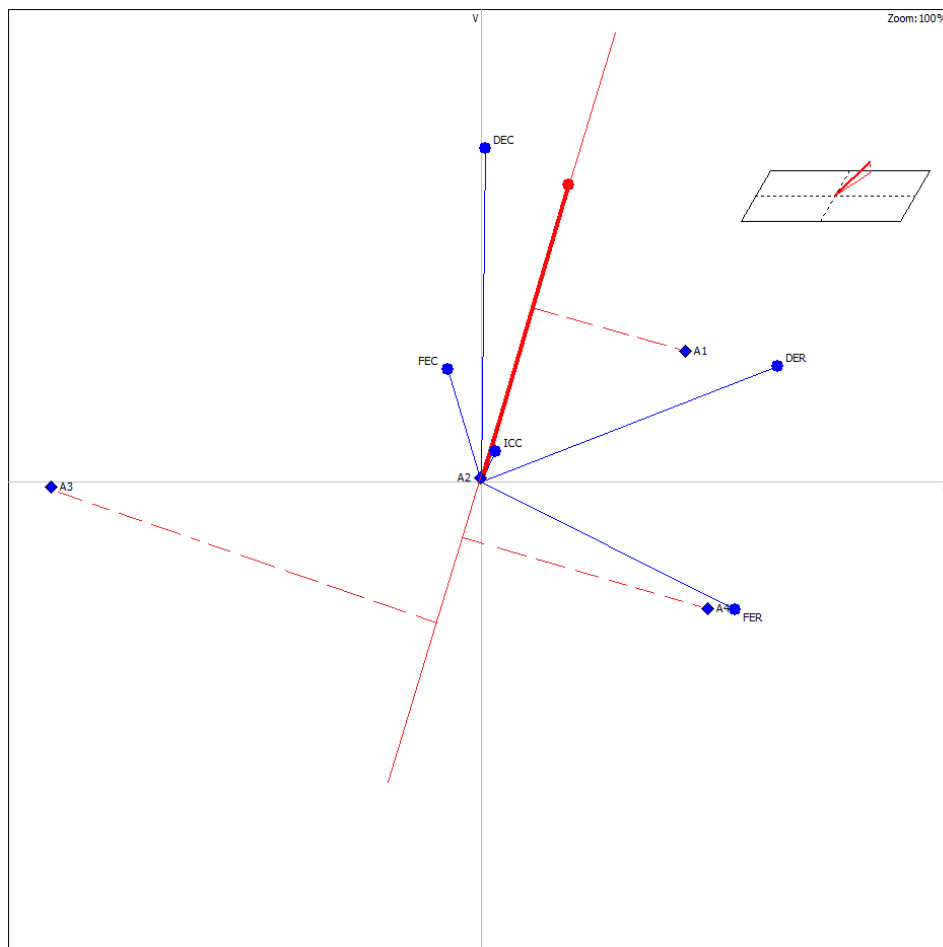


Figura 4.1- *Ranking de 4 distribuidoras no Plano GAIA.*
Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA, modificada.

4.1.2 Discussões sobre o Estudo de Caso 1

Nas Figuras a seguir, apresentam-se os resultados de um *ranking* considerando apenas uma única dimensão. Esse resultado é trivial, porém apresentado graficamente. A Figura 4.2 - Ranking das distribuidoras em relação ao critério DEC apresenta o *ranking* das distribuidoras, representado pela projeção destas sobre o vetor DEC. Observa-se que, em relação ao DEC, a COELCE (A1) apresenta a maior projeção positiva, situando-se em primeiro lugar; em seguida vem a LIGHT (A2), depois a CEMIG (A4) e por último a ELETROPAULO (A3).

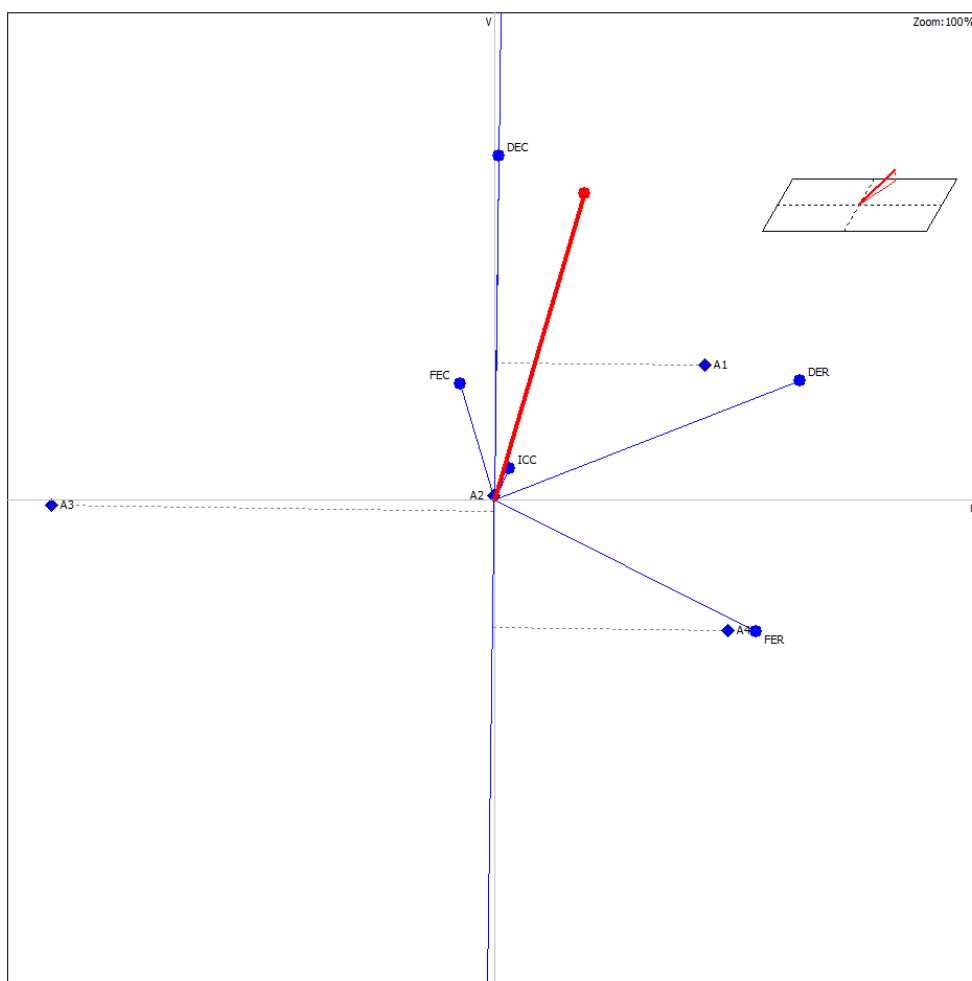


Figura 4.2 - *Ranking* das distribuidoras em relação ao critério DEC
Fonte: saída do software PROMETHEE GAIA.

Agora será destacado o critério FEC. A Figura 4.3 expõe o *ranking* das distribuidoras e a projeção das empresas em relação ao vetor FEC. Observa-se que, em relação ao FEC, a

ELETROPAULO (A4) apresenta a maior projeção positiva sobre esse vetor, situando-se em primeiro lugar; em seguida vem a COELCE (A1), depois a LIGHT (A2) e por último a CEMIG-D (A3).

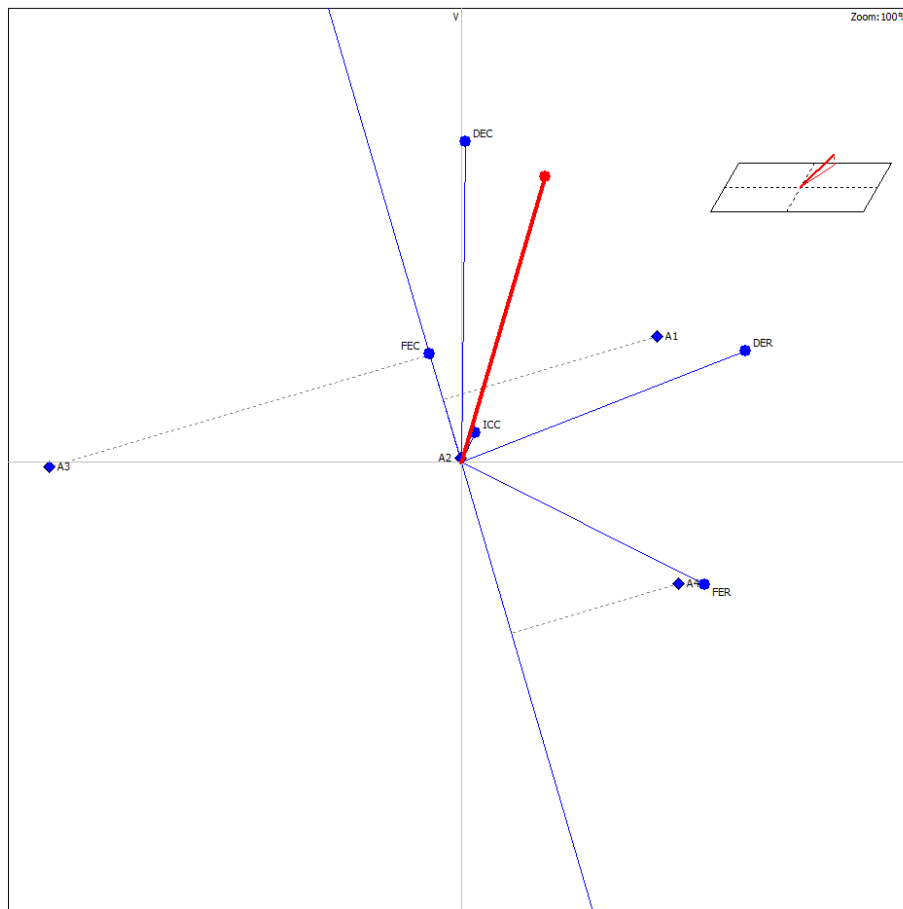


Figura 4.3 - *Ranking* das distribuidoras em relação ao critério FEC
 Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

Agora será ressaltado o critério ICC. A Figura 4.4 apresenta o *ranking* das distribuidoras e a projeção das empresas em relação ao vetor ICC. Observa-se que, em relação ao ICC, a COELCE (A1) apresenta a maior projeção positiva sobre esse vetor, situando-se em primeiro lugar; em seguida vem a LIGHT (A2), depois a CEMIG-D (A3) e por último a ELETROPAULO.

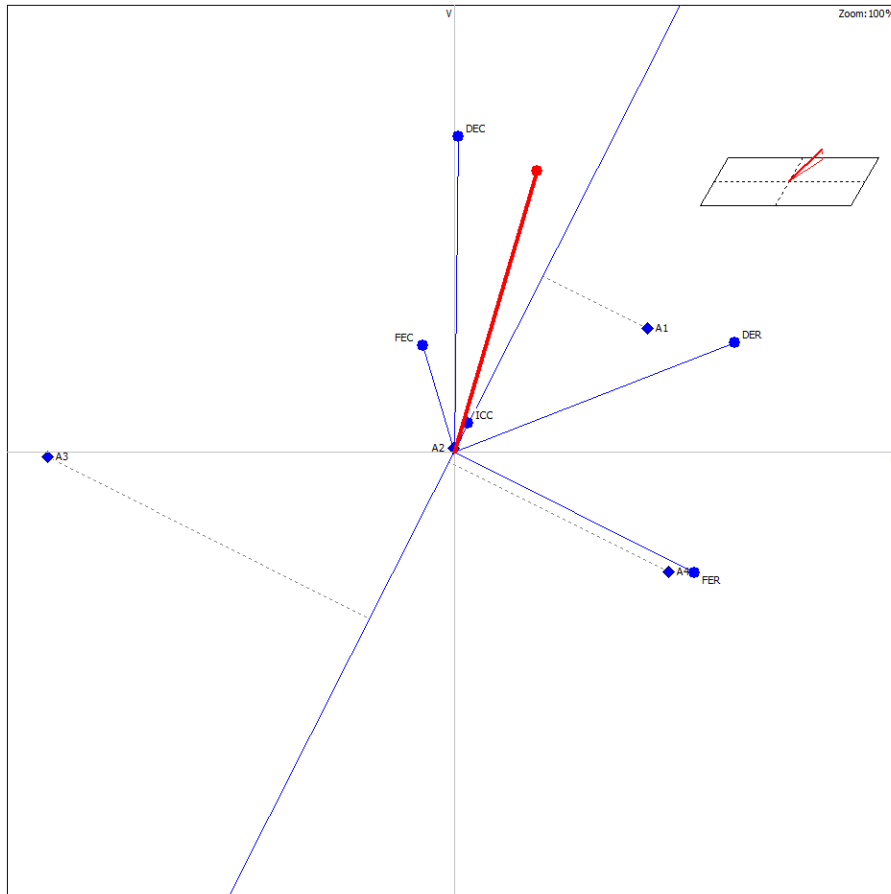


Figura 4.4 - *Ranking* das distribuidoras em relação ao critério ICC
 Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

Agora será realizado o critério DER. A Figura 4.5 apresenta o *ranking* das distribuidoras e a projeção das empresas em relação ao vetor DER. Observa-se que, em relação ao DER, a COELCE (A1) apresenta a maior projeção positiva sobre esse vetor, situando-se em primeiro lugar; em seguida vem a CEMIG-D (A3), depois a LIGHT (A2) e por último a ELETROPAULO (A4).

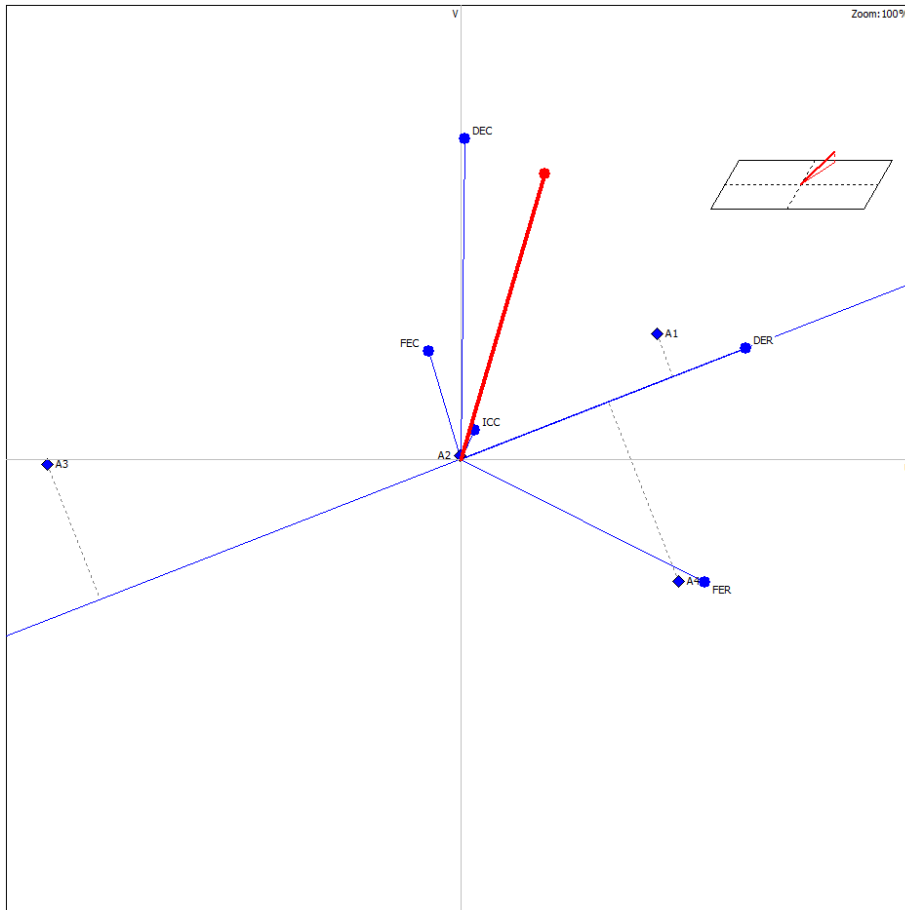


Figura 4.5 - *Ranking* das distribuidoras em relação ao critério DER
 Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

Finalmente, será destacado o critério FER. A Figura 4.6 demonstra o *ranking* das distribuidoras e a projeção das empresas em relação ao vetor FER. Observa-se que, em relação ao FER, a CEMIG-D (A3) apresenta a maior projeção positiva sobre esse vetor, situando-se em primeiro lugar; em seguida vem a COELCE (A1), depois a LIGHT (A2) e por último a ELETROPAULO (A4).

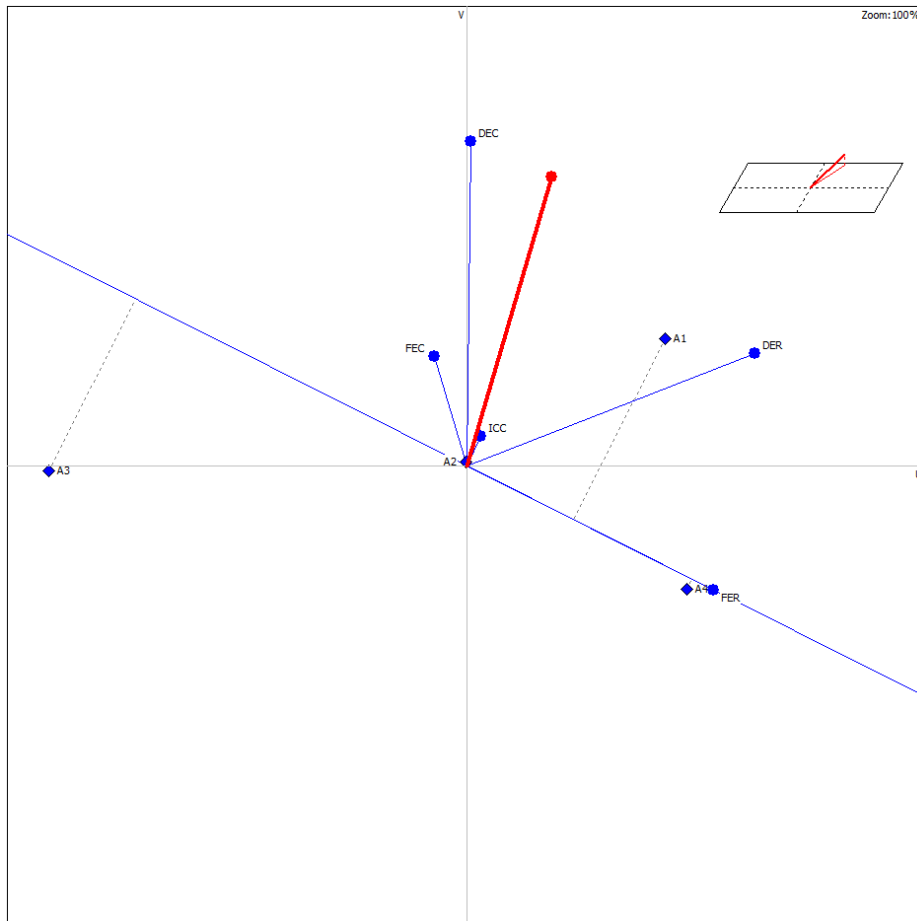


Figura 4.6 - *Ranking* das distribuidoras em relação ao critério FER
 Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

Aqui, a análise consiste em estudar a estabilidade dos resultados, considerando variações no peso de determinado critério, mas mantendo a proporcionalidade entre os demais. O Quadro 4.3 apresenta os intervalos de estabilidade que indicam os limites nos quais pode haver alteração na ponderação sem que haja mudança na hierarquia. A segunda e a quarta colunas representam, respectivamente, os valores mínimos e máximos de estabilidade dos pesos.

Quadro 4.3 - Faixa de variação dos pesos em relação a cada indicador para 4 distribuidoras
 Fonte: elaborado pelo autor.

Indicador	Peso		
	Mínimo (%)	Proposto (%)	Máximo (%)
DEC	5,6	36	50,6
FEC	0	18	37,4
ICC	0	30	89,5
DER	4,2	10	15,8
FER	0	6	13,6
Total		100	

Ainda de acordo com o Quadro 4.3, tomando-se o critério DEC como exemplo, pode-se observar que existe intervalo percentual entre 5,6% e 50,6%, em que o peso do critério varia sem alterar qualquer posição no *ranking* das empresas. No caso do FEC, a faixa de variação foi de zero a 37,4%; para o ICC, a variação foi de zero a 89,5%; para o DER, a variação foi de 4,2% a 15,8% e, para o FER, a variação foi de zero a 13,6%.

Isso demonstra que os resultados permanecem os mesmos, independentemente das variações nos pesos dentro das faixas estabelecidas, mantendo a relação intrínseca entre eles. Essa variação nos pesos resulta em razoável estabilidade no *ranking*, sem nenhuma alteração na ordem das empresas.

4.2 ESTUDO DE CASO 2

4.2.1 Resultados do Estudo de Caso 2

O Quadro 4.4 apresenta os dados das empresas que utilizados, disponibilizados no sítio da ANEEL para, a título de exemplo, 2015, para as 25 distribuidoras. Quanto menor o indicador, melhor é a distribuidora nesse indicador específico. O Apêndice C apresenta os dados das empresas, além de outras informações.

Quadro 4.4- Dados de indicadores de 25 distribuidoras
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Distribuidora	Legenda	DEC	FEC	ICC	DER	FER
		(Hora)	(nº interrupção)	(%)	(Hora)	nº reclamação/100.000
AES-SUL	A4	19,11	8,42	30,78	382,69	32,08
AMPLA	A15	27,8	13,25	5,56	137,5	6,36
BANDEIRANTE	A11	8,43	5,09	8,52	146,03	16,11
CEAL	A1	29,56	20,7	50,43	353,28	5,44
CEEE-D	A9	17,08	11,7	8,71	564,67	11,36
CELESC-DIS	A16	14,67	10,16	9,21	140,96	8,35
CELG-D	A17	43,24	25,07	4,35	431,26	40,06
CELPA	A12	37,93	22,39	19,84	494,6	15,41
CELPE	A18	19,31	8,12	15,08	125,27	8,11
CEMAR	A13	15,28	8,95	15,04	301,54	4,83
CEMIG-D	A25	11,54	5,88	4,25	71,63	24,57
CEPISA	A2	26,21	19,91	45,19	706,7	19,9
COELBA	A23	24,78	8,82	6,87	132,92	6,91
COELCE	A19	12,26	6,82	6,75	252,4	1,38
COPEL-DIS	A22	13,67	8,33	10,78	128,25	7,18
COSERN	A6	14,72	7,51	7,13	170,46	11,01
CPFL-Paulista	A20	7,76	4,89	3,5	107,05	14,91
CPFL-Piratininga	A10	7,25	4,31	8,45	101,17	24,64
ELEKTRO	A14	8,5	4,69	2,28	375,55	10,97
ELETROPAULO	A24	23,62	6,48	7,4	143,89	22,78
EMT	A3	30,24	24,13	1,62	250,85	9,58
EPB	A5	18,2	7,99	13,94	706,64	5,93
ESCELSA	A8	9,06	5,08	6,06	109,2	25,72
LIGHT	A21	12,61	6,44	4,58	200,46	24,64
RGE	A7	15,98	8,33	20,83	121,12	29,64

A seguir, o Quadro 4.5 expõe o *ranking* das 25 distribuidoras em análise com mais de um milhão de unidades consumidoras, cujos dados estão disponíveis no sítio da ANEEL, referente a 2015.

Quadro 4.5 - *Ranking* de 25 distribuidoras

Fonte: elaborado pelo autor.

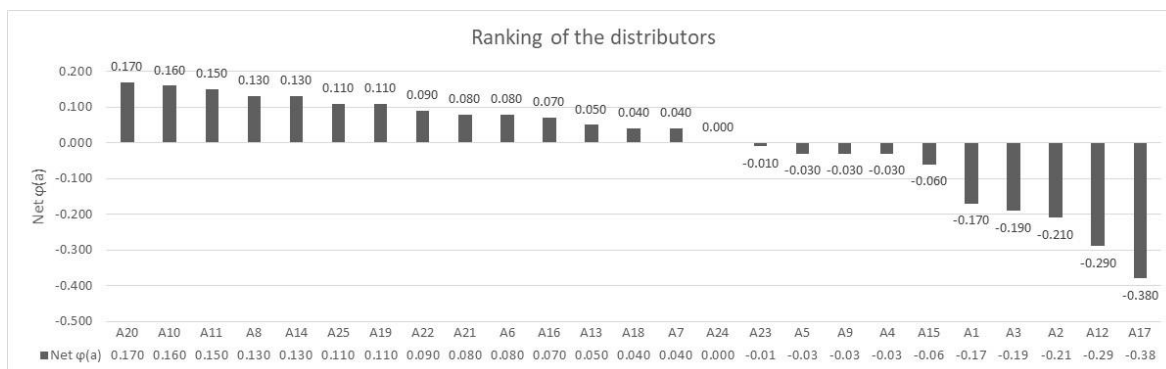
Ranking	Distribuidora	Fluxo		
		φ (a) (líquido)	φ^+ (a)	φ^- (a)
1	CPFL-Paulista	0,165	0,1719	0,0069
2	CPFL-Piratininga	0,1565	0,1739	0,0174
3	BANDEIRANTE	0,1471	0,1582	0,0111
4	ESCELSA	0,1334	0,1537	0,0203
5	ELEKTRO	0,1277	0,1536	0,026
6	CEMIG-D	0,1144	0,1381	0,0237
7	COELCE	0,1091	0,1307	0,0216
8	COPEL-DIS	0,0931	0,1155	0,0224
9	LIGHT	0,0816	0,1145	0,0329
10	COSERN	0,0795	0,1064	0,0269
11	CELESC-DIS	0,0676	0,1028	0,0352
12	CEMAR	0,0516	0,0962	0,0446
13	CELPE	0,0437	0,0909	0,0472
14	RGE	0,0371	0,0911	0,054
15	ELETROPAULO	-0,0046	0,0756	0,0802
16	COELBA	-0,0055	0,0754	0,081
17	EPB	-0,0278	0,0765	0,1042
18	CEEE-D	-0,0317	0,0679	0,0997
19	AES-SUL	-0,034	0,0622	0,0962
20	AMPLA	-0,0639	0,0612	0,1251
21	CEAL	-0,1715	0,0337	0,2052
22	EMT	-0,1851	0,0355	0,2206
23	CEPISA	-0,211	0,0209	0,2319
24	CELPA	-0,2911	0,0131	0,3042
25	CELG-D	-0,3813	0,0071	0,3884

Frisa-se que esses resultados foram obtidos com os valores absolutos dos indicadores, não sendo ainda possível com os valores relativos – consiste na razão do valor apurado pelo o respectivo limite –, pois ainda não foram definidos os limites do indicador DER na legislação brasileira.

Esse mesmo resultado do Quadro 4.5 pode ser visto na Figura 4.7. Pode-se observar a distribuição das empresas em ordem de melhor para pior qualidade. As empresas localizadas à esquerda da Figura são as melhores, enquanto as localizadas à direita são as piores.

Figura 4.7- *Ranking* das distribuidoras em forma de gráfico.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Outra forma complementar de avaliação é pelo plano PROMETHEE-GAIA. A Figura 4.8 retrata o *ranking* das distribuidoras em estudo no Plano GAIA. Nele são visualizados o vetor de decisão (cor vermelha), os critérios (círculo na cor azul) e as distribuidoras (quadrado na cor azul). Esses resultados demonstram que, quanto maior a projeção – perpendicular – positiva da empresa ao longo do vetor de decisão, melhor é sua colocação. De forma contrária, quanto maior a projeção negativa da empresa, pior é a sua colocação. No caso, a melhor colocação foi obtida pela CPFL Paulista (A20), enquanto a pior foi obtida pela CELG (A17).

O Plano GAIA contém as seguintes propriedades: quanto mais distante uma empresa estiver localizada de outra, mais elas são diferentes (por exemplo, as posições da primeira e da última colocadas são diferentes); as empresas que estão na direção de um critério particular são relativamente melhores nesse critério; o ângulo entre dois eixos dos critérios está relacionado com a correlação entre esses critérios: ângulo perto de 0° indica grande correlação entre os critérios; os ângulos ortogonais ilustram que os critérios não são relacionados um com o outro.

A visualização utiliza o método *Principal Components Analysis*, para reduzir o número de dimensões (cada critério é uma dimensão) a duas, minimizando a perda de informação. Nesse caso, 81% das informações foram preservadas. Além disso, observa-se que os

indicadores com maiores pesos influenciam a posição do vetor de decisão. Ademais, estão na mesma direção do vetor de decisão, conforme a Figura 4.8.

Os resultados sobre o plano GAIA permitem que o decisor possa alterar, interativamente, os pesos relativos, para avaliar a influência desses no desempenho das distribuidoras. Essa análise é importante, pois se obtém visão global dos resultados. Além disso, essa ferramenta permite análise de sensibilidade graficamente. A vantagem desses gráficos é a informação complementar que produzem, permitindo que as distribuidoras sejam classificadas de acordo com os indicadores avaliados. Ao se projetar cada distribuidora sobre o vetor resultante, obtém-se o *ranking* das distribuidoras. Essa posição é representada pelo fluxo líquido ϕ (a), representadas pelo vetor vermelho na Figura 4.7- Ranking *das* distribuidoras em forma de gráfico

Como pode ser observado na Figura 4.8, a CPFL-Paulista (A20) exibiu a maior projeção na parte positiva do vetor resultante, enquanto a CELG-D (A17) apresentou a maior projeção na parte oposta do vetor resultante. Esse resultado indica a CPFL-Paulista (A20) como primeira distribuidora e a CELG-D (A17) como a última.

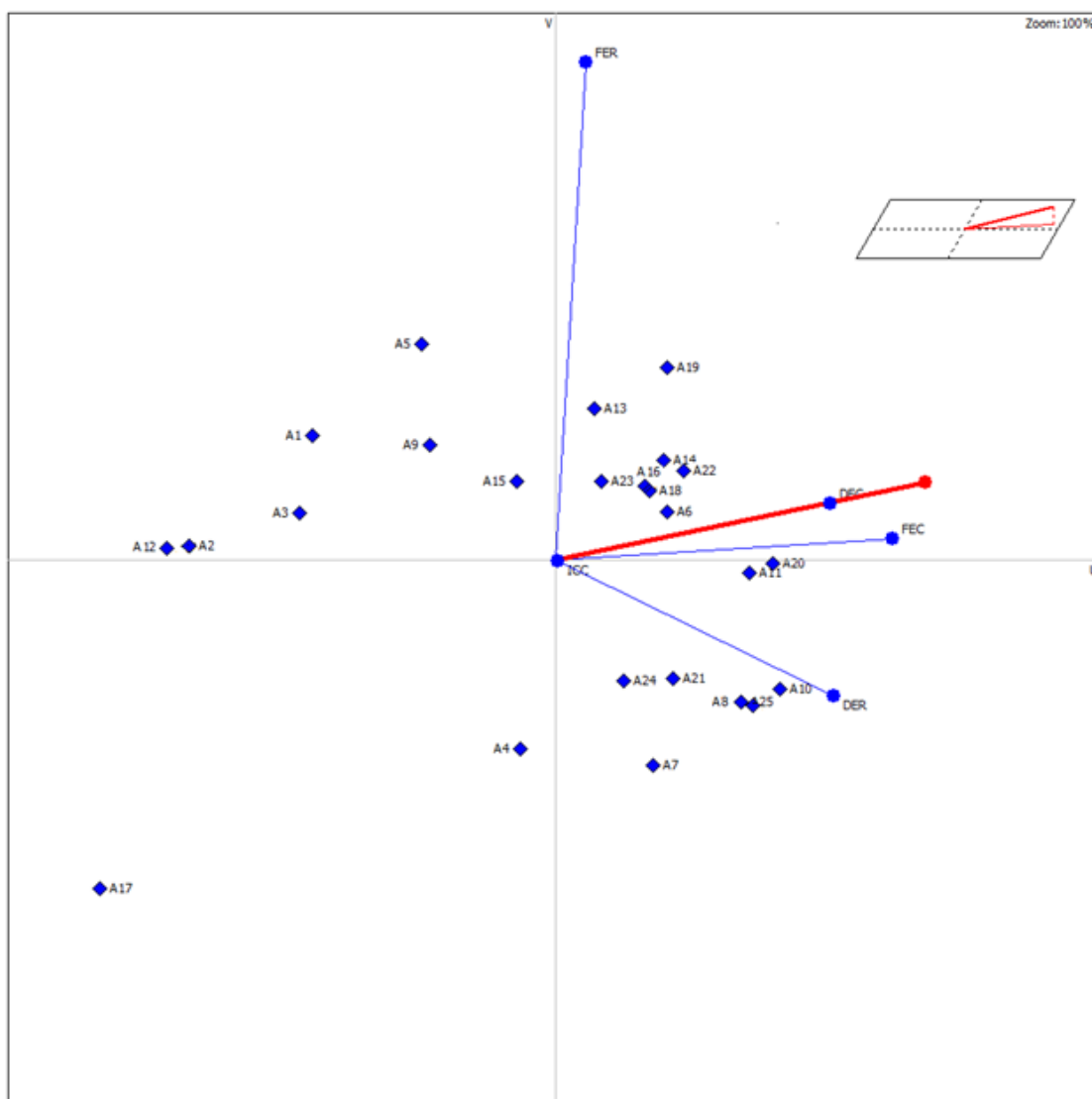


Figura 4.8- *Ranking* de 25 distribuidoras no Plano GAIA
 Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

É possível analisar graficamente cada um dos indicadores individualmente. Como exemplo, as Figura 4.9 e Figura 4.10 apresentam o *ranking* considerando apenas os indicadores DEC e FEC, respectivamente. Essa visualização gráfica pode ser repetida para os critérios restantes. Assim, a projeção de cada distribuidora pode ser analisada para cada um dos indicadores individualmente.

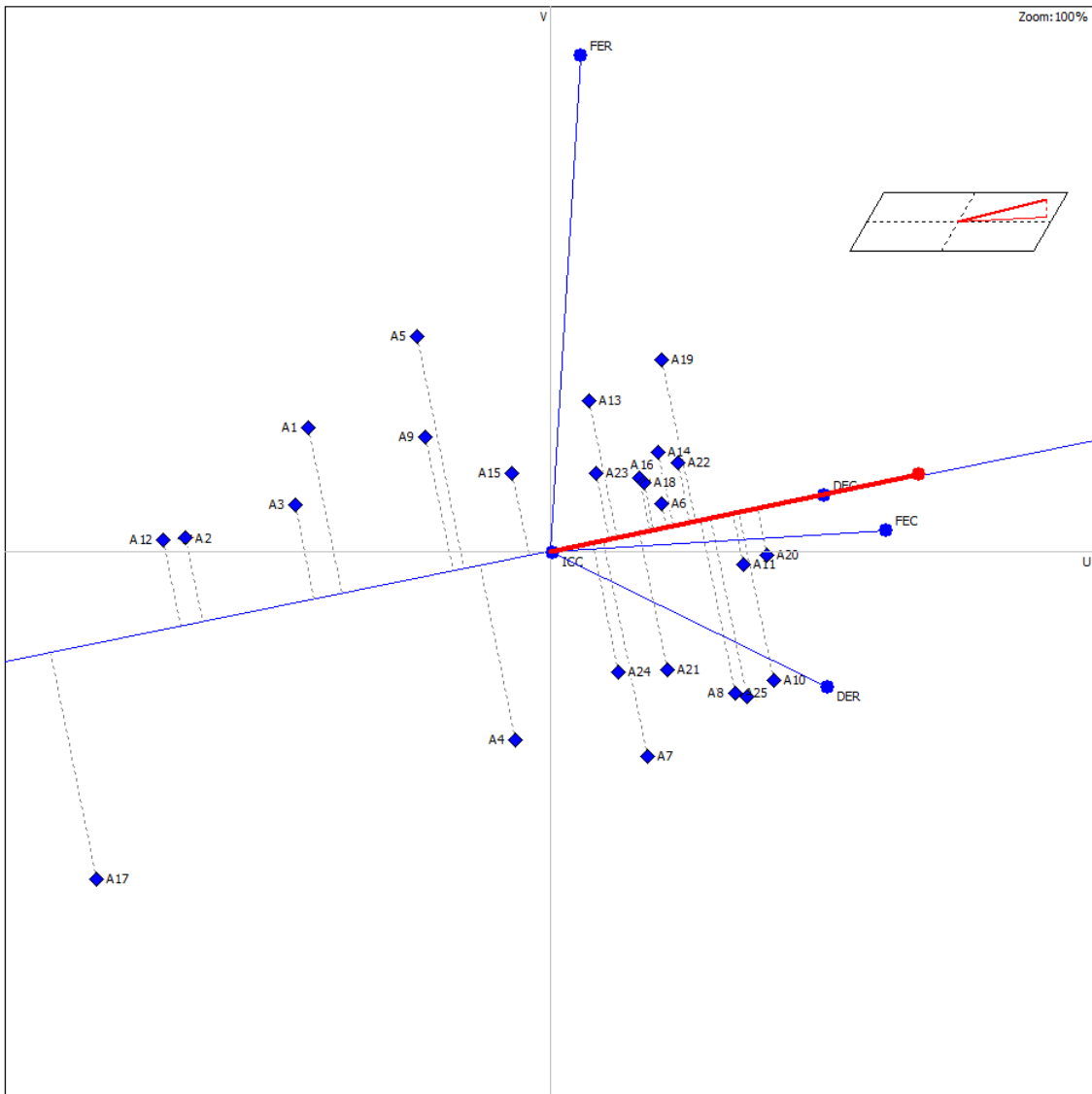


Figura 4.9- *Ranking* considerando apenas o indicador DEC. O eixo de referência é o vetor DEC

Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

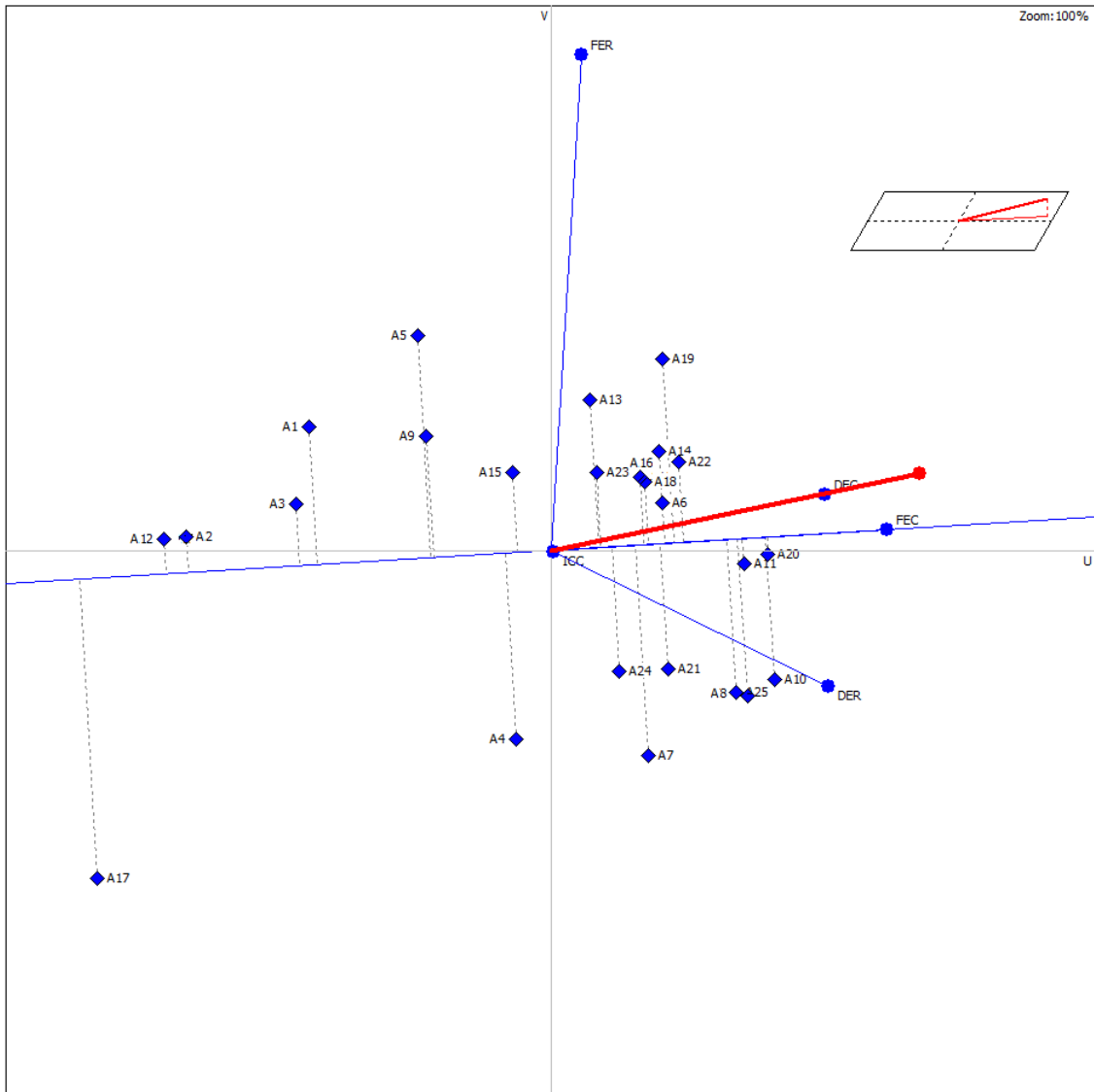


Figura 4.10- *Ranking* considerando apenas o indicador FEC. O eixo de referência é o vetor FEC

Fonte: saída do *software* PROMETHEE GAIA.

4.2.2 Discussões sobre o Estudo de Caso 2

Uma das formas de avaliar se o método é robusto o suficiente para garantir os mesmos resultados mesmo com alterações nos pesos é a análise de sensibilidade. A análise consiste em estudar a estabilidade dos resultados obtidos pelo método, a partir das alterações nos pesos dos indicadores, mantendo a proporcionalidade entre os demais pesos.

Os resultados obtidos fornecem informações importantes. Ao analisar individualmente cada um dos indicadores do Quadro 4.4, pode-se observar, por exemplo, que o DER para EPB (A5) é muito maior que os demais, porém essa não está entre as distribuidoras com o pior desempenho. Mas tanto o ICC quanto o DER para CELG-D (A17) são menores que para o EPB (A5); independentemente disso, a CELG-D (A17) foi classificada como a pior. Esse resultado não é intuitivo e só pode ser obtido com o uso do método e dos pesos propostos. Como resultado, com o método proposto, o regulador pode efetuar avaliações mais completas das distribuidoras.

Ao analisar as melhores posições no *ranking*, aparecem outros resultados não triviais. Por exemplo, embora o ICC, o DER e o FER para a CEMIG-D (A25) fossem menores do que para a CPFL-Piratininga (A10), a primeira ficou em sexto lugar, enquanto a última, em 2º lugar. Isso revela como a análise individual dificulta a obtenção de visão geral do desempenho da qualidade do serviço pelos reguladores, destacando, assim, a importância do método proposto.

É importante avaliar os resultados obtidos pelo método usando a análise de sensibilidade. Aqui, a análise consiste em estudar a estabilidade dos resultados, considerando variações no peso de determinado critério, mas mantendo a proporcionalidade entre os demais. Ao se adotar o critério DEC como exemplo, pode-se observar que existe o intervalo percentual entre 33,8% e 40,8%, em que o peso do critério varia, sem alterar qualquer posição no *ranking* das empresas, como expõe o Quadro 4.6. Neste estudo, o peso obtido pelos julgamentos para o DEC é de 36,0%.

A análise de sensibilidade foi realizada para todos os critérios. Os resultados demonstraram que não há variação acentuada e que o critério FER apresentou a menor variação (ou seja, entre 5,6% e 6,2%). Esse fato já era esperado, pois, à medida que o número de distribuidoras aumenta, a faixa de variação dos critérios tende a diminuir, pois se trata de um método de soluções finitas.

Quadro 4.6 - Faixa de variação de pesos em relação a cada indicador

Fonte: elaborado pelo autor.

Indicador	Peso		
	Mínimo (%)	Proposto (%)	Máximo (%)
DEC	33,8	36	40,8
FEC	17,2	18	19,3
ICC	14,1	30	51,4
DER	8,6	10	10,8
FER	5,6	6	6,2
Total		100	

Mais uma vez, a análise de sensibilidade demonstrou que os resultados permanecem os mesmos, independentemente das variações nos pesos dentro das faixas, mantendo a relação intrínseca entre eles. Em outras palavras, dentro dessas faixas não há alteração no *ranking* das distribuidoras.

Em relação ao Caso 1 e ao 2 analisados, evidenciou-se o estreitamento das faixas de variação dos pesos para todos os critérios. À medida que se elevou a quantidade de alternativas – distribuidoras –, as faixas de variação dos pesos diminuiram.

5 CONCLUSÕES

A teoria e as evidências empíricas indicam que os incentivos de uma distribuidora para distribuir níveis eficientes de qualidade do serviço tendem a cair quando o regulador escolhe para regular preços usando as metodologias *price-cap*. Como consequência, esses modelos de regulação devem ser complementados por regulação da qualidade do serviço (FUMAGALLI, SCHIAVO e DELESTRE, 2007; GIANNAKIS, JAMASB e POLLITT, 2005). Além disso, as concessionárias podem buscar níveis de qualidade que possam desviar-se do ótimo socioeconômico (GIANNAKIS, JAMASB e POLLITT, 2005).

Nesse sentido, a introdução de incentivos à melhoria da qualidade do serviço é importante mecanismo que o regulador deve se utilizar para que as empresas não se apropriem dos ganhos adicionais financeiros. Logo, o indicador global é oportuno para que o regulador possa avaliar e atuar preventivamente em relação à garantia da qualidade do serviço de energia elétrica.

Com efeito, o objetivo da pesquisa foi desenvolver uma metodologia multicritério de decisão, para avaliar as distribuidoras de energia elétrica, de forma a avaliar a qualidade do serviço ao consumidor e priorizar as ações de fiscalização do regulador de forma eficiente e eficaz, a partir do monitoramento das distribuidoras de energia elétrica.

Assim, o desenvolvimento do *ranking* de empresas de energia elétrica é de expressiva importância, pois requisitou conhecimentos de diversas dimensões técnicas e comerciais relacionados à qualidade do serviço. Além desses conhecimentos, também foram explorados os modelos de regulação adotados no mundo para serviços públicos. Todas as etapas de estudo desenvolvidas – contexto da qualidade do serviço, revisão bibliográfica, dimensões e indicadores da qualidade do serviço e principais métodos de multicritério – forneceram subsídios para a definição do modelo proposto.

A metodologia apresentada é inovadora. O desafio de agregar vários indicadores em índice global foi alcançado satisfatoriamente, a partir da metodologia proposta. A metodologia permitiu avaliar as distribuidoras de energia elétrica, considerando as várias dimensões da

qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica: qualidade comercial, conformidade e continuidade do serviço.

A partir das dimensões, foram escolhidos os indicadores entre aqueles utilizados pelo regulador. Esses são considerados representativos da qualidade do serviço, pois permitem avaliar cada dimensão com muita propriedade. A partir dessas escolhas, foi introduzido método científico que permitiu a ponderação das dimensões e dos indicadores, proporcionando essa importante inovação à sociedade e ao meio científico.

Os indicadores utilizados no estudo foram DEC e FEC, para representar a Continuidade de Fornecimento, ICC, para representar a Qualidade da Tensão, e DER e FER, para a Qualidade Comercial. Esses indicadores, quando agregados em um único, fornecem visão mais clara para o regulador e a sociedade. Isso fortalece o processo de tomada de decisão do regulador de forma preventiva, gerando mais eficiência na supervisão dos agentes.

O método AHP se mostrou bastante promissor para a definição dos pesos, pois permitiu que o decisor se posicione coerentemente, sem entrar em contradição nessa etapa do processo de avaliação.

Em relação ao PROMETHEE, o método apresentou o resultado em forma de *ranking*. Além disso, o plano GAIA complementa as informações do *ranking* disponibilizado pelo método PROMETHEE, exibindo rica análise dos resultados e auxiliando o tomador de decisões.

A aplicação da metodologia para o conjunto de 4 e 25 distribuidoras com mais de 1 milhão de consumidores foi obtida com sucesso. Ademais, mostrou-se robusta após a análise de sensibilidade para essas mesmas distribuidoras, permitindo aplicá-la em outros países.

Os resultados não são triviais e permitem ao regulador e à sociedade obter visão muito mais ampla sobre a avaliação da qualidade de serviço do que seria possível, se ele considerasse cada indicador separadamente. As implicações do método no processo de avaliação do

desempenho dos distribuidores, assim como nas políticas regulatórias, são bastante evidentes e beneficiariam tanto as agências reguladoras quanto a sociedade. Por exemplo, fica claro quais distribuidoras a agência reguladora deve priorizar na fiscalização, a fim de melhor alocar seus recursos humanos e materiais. Além disso, a robustez do método foi comprovada por análise de sensibilidade.

Destaca-se que a utilização de indicadores e índices está relacionada à qualidade dos dados, pois investimentos em tecnologias e aplicativos para transformação de dados em informações serão inúteis, caso os dados armazenados não tenham a qualidade necessária.

Portanto, é necessária auditoria no processo de coleta e apuração dos dados, para que esses possam ser utilizados na composição de indicadores e índices, que, por sua vez, irão auxiliar no processo de fiscalização.

Trabalhos Futuros

Uma oportunidade de trabalho futuro seria a aplicação dessa metodologia ao Setor Elétrico brasileiro, para o cálculo do índice do Fator X, relativo ao componente da qualidade do serviço, no processo de revisão tarifária das distribuidoras, considerando os indicadores propostos neste trabalho em relação aos respectivos limites.

Outro trabalho importante seria a adaptação dessa metodologia ao sistema de transmissão brasileiro, de forma a elaborar o *ranking* das transmissoras, otimizando os recursos humanos e as matérias das agências reguladoras.

6 BIBLIOGRAFIA

- ABREU, P. F. S.; STEPHAN, C. **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.
- ACKOFF, R. L. Resurrecting the Future of Operational Research. **Journal of Operational Research Society**, 30, 3, 1979, p. 189-199.
- AJODHIA, V.; HAKVOORT, R. Economic regulation of quality in electricity distribution networks. **Utilities Policy**, 2005, p. 211-221.
- _____; VIRENDRA, A.; MALAMAN, R. Quality regulation of electricity distribution in Italy: an evaluation study. **Energy Policy**, 34, 2006, p. 1478–1486.
- ANEEL. **Qualidade dos Serviços de Energia Elétrica**. Relatório do Plano Plurianual (2000-2003). Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 2001.
- _____. **Índice Aneel de Satisfação do Consumidor - IASC**. Brasília. 2002.
- _____. **Resolução Normativa nº 55/2004, de 5 de abril de 2004**. Brasília, 2004.
- _____. **Resolução Normativa nº 234, de 31 de outubro de 2006**. [s.l.]. 2006.
- _____. **Resolução Normativa nº 414/2010, de 9 de setembro de 2010**. Brasília - DF, 2010.
- _____. **Resolução Normativa nº 574/2013, de 20 de agosto de 2013**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2013.
- _____. **Resolução Normativa nº 660/2015, de 28 de abril de 2015 - Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2015.
- _____. **Resolução Normativa nº 664/2015, de 16 de junho de 2015**. Brasília, 2015.
- _____. **Resolução Normativa nº 794, de 28 de novembro de 2017 - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília - DF, 2017, p. 76.
- ANSI. **ANSI C84.1-2011 – American National Standard – For Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings (60 Hertz)**. American National Standard. [S.l.]. 2011.
- ANSI/ASQ A3. **Quality systems Terminology**. American National Standard/American Society for Quality. [s.l.], 1978.
- AVERCH, H.; JOHNSON, L. Behaviour of the Firm under Regulatory Constraint, Vol. 52, No. 5, 1962, pp. 1052-1069. **The American Economic Review**, v. 52, n. 5, 1962. ISSN 1052-1069.
- BALZAR, A. M.; CORDEIRO NETO, O. D. M. Método multicritério aplicado à hierarquização de investimentos aplicado na área de recursos hídrico. **Simposio Internacional de Gestão de Recursos Hídricos**, Gramado-RS, 1998.

BANA E COSTA, C. Introdução geral às abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão. **Investigação Operacional**, v. 8, n. 1, p. 117-139, 1988.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. The MACBETH Approach: Basic Ideas, Software, And an Application. In: ROUBENS, N. M. E. M. **Advances in Decision Analysis**. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1999. p. 131-157.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Cardinal value measurement with Macbeth. In: S.H. ZANAKIS, G. D. A. C. Z. **Decision Making: Recent Developments and Worldwide Applications**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions. **International Transactions in Operational Research**, 1, n. 4, October 1994. 489-500.

BANA; COSTA, C. The use of multi-criteria decision analysis to support the search for less conflicting policy options in a multi-actor context: case study. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 10, p. 111 - 124, 2001.

BARBOSA, A. B.; CARVALHO, P. L.; LOPES, P. H. S. Procedimento para aplicação de penalidade por violação dos padrões dos indicadores de continuidade DEC e FEC. **VI Seminário Brasileiro sobre Qualidade**, Belém, n. VI, ago. 2005.

_____; CARVALHO, P. L. Impacts of the Change in the Regulation of Brazil: Penalty for Violation of Continuity Indicators Versus Reward to Consumers. **International Conference on Electricity Distribution - CIRED**, Glasgow, n. 2017, p. www.ietdl.org, 12 jun. 2017. Disponível em: <www.ietdl.org>. Acesso em: 30 set. 2017.

_____; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. D. A multi-criteria decision analysis method for regulatory evaluation of electricity distribution service quality. **Utilities Policy**, 53, ago. 2018, 38-48.

_____; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. Assessing the Service Quality Provided by Electric Distribution Utility. **CIRED - 23rd International Conference on Electricity Distribution**, Lyon -Fr, jun 2015.

BEER, S. Decision and Control: meaning of operation research and management cybernetics. **Wiley**, Chichester, 1996.

BEHZADIAN, M. E. A. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research - ELSEVIER**, 1º maio 2010. 198-2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>>. Acesso em: 1º maio 2017.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BERNSTEIN, J.; SAPPINGTON, D. Setting the X Factor in Price cap Regulation Plans. **NBER Working Paper Series**, Massachusetts - Cambridge, 1998.

BERRY, L.; ZEITHAML, L. A.; PARASURAMAN, A. Quality counts in services. **Business Horizons**, n. 28, May/June 1985. 44-52.

BOUYSSOU, D. Décision multicritère ou aide multiritère. **Bulletin du Groupe de Travail Européen "Aide Multicritère à la Décision"**, n. series 2, p. 1-2, 1993. ISSN 2.

_____ et al. **Evolution and decision models**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

_____; PIRLOT, M. A characterization of concordance relations. **European Journal of Operational Research**, 167, n. 2, 2005, p. 427-443.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE METHODS. In: BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. **MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS**. Brussels-Belgium: Centrum voor Statistiek en Operationeel Onderzoek, 1984. p. 163-195.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. The PROMOCAL & GAIA decision support system for multicriteria decision aid. **Decision support System**, v. 12, p. 297-310, 1994.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. The PROMETHEE Methods. In: FIGUEIRA, J. G. S. . E. . M. **Multicriteria Decision analysis: state of the art sorveys**. New York: Spring, 2005. Cap. 5, p. 163-195.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, P. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, n. 24, p. 228-238, 1986.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM [J]. **Management Science**, n. 31, p. 647-656, 1985.

BRASIL. Legislação. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**, 1996. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 1º maio 2017

_____. Legislação. **Constituição Federal**, 1988. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 1º maio 2017.

CAMPOS, V. R. **Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento** - Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos. 2011.

CARREGADO, J. C. **Proposta de Indicadores de Desempenho às Distribuidoras de Energia Federalizadas do Setor Elétrico Brasileiro**. Florianópolis - SC, 2003.

- CATELLI, A. **Controladoria - Uma Abordagem da Gestão Econômica GECON**. São Paulo: Atlas, 2009.
- CEER. 5th Benchmarking report on quality of electricity supply. **Energy Community**, 2011. Disponível em: <www.energy-community.org/pls/portal/docs/1522177.PDF>. Acesso em: 5 jan. 2016.
- CEER. **Advice on the Quality of Electricity and Gas Distribution Services**. Council of European Energy Regulators. Brussels, p. Belgium. 2014.
- CENELEC. **Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks - CENELEC EN 50160**. European Committee for Electrotechnical Standardization. Brussels, 1999.
- COSENT, R.; GÓMEZ, T.; FRÍAS, P. Towards a future with large penetration of distributed generation: is the current regulation of electricity distribution ready? Regulatory recommendations under a European perspective. **Energy Policy**, 3, n. 37, 2009, p. 1145.
- COSTA, B.; A., C. The use of multi-criteria decision analysis to support the search for less conflicting policy options in a multi-actor context: case study. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 10, p. 11-124, abr. 2001.
- CRONIN, J. J.; TAYLOR, S. A. SERVPERF versus SERVQUAL: Reconciling performance-based and perceptions-minus-expectations measurement of service quality. **Journal of Marketing**, n. 58(1), p. 125–131, jan. 1994.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**. Rio de Janeiro - RJ: José Olímpio, 1990.
- DABHOLKAR, P. A.; SHEPHERD, C. D.; THORPE, I. T. A comprehensive framework for service quality: An investigation of critical conceptual and measurement issues through a longitudinal study. **Journal of Retailing**, n. 76, p. 139–173, fev. 2000.
- DIAZ-BALTEIRO, L.; GONZÁLEZ-PACHÓN, J.; ROMERO, C. Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review. **European Journal of Operational Research journal homepage**: www.elsevier.com/locate/ejor, 258, 2017, p. 607–616.
- DONNELLY, M.; SHIU, E. Assessing service quality and its link with value for money in a UK local authority's housing repair service using the SERVQUAL approach. **Total Quality Management**, v. 10, n. 4/5, p. 506–598, 1999.
- DOUMPOS, M.; ZOPOUNIDIS, C. **Multicriteria decision aid classification methods**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers - Springer, 2002.

DTE. **Motion to Establish Guidelines for Service Quality Standards for Electric Distribution Companies** - Department of Telecommunications and Energy. DEPARTMENT OF PUBLIC UTILITIES. One South Station, Boston, Massachusetts, 02110, 2012.

ENGINEROOM. **Electricity Distribution Service Quality**. Engineroom Infrastructure Consulting. Canberra - Australia, 2012.

FALCONI, V. **TQC Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Belo Horizonte - MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1992.

FISHBURN, P. C. Utility theory for decision making. **Publications in Operations Research**, New York: John Wiley and Sons, v. 18, 1970.

FUMAGALLI, E.; SCHIAVO, L. L.; DELESTRE, F. **Service quality regulation in electricity distribution and retail**. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2007.

GARVIN, D. A. What does product quality really mean? **MIT Sloan Management Review**, 1, n. 26, jan. 1984, p. 25-43.

GESEL. **Modelo Tarifário e Formação de Tarifas** - P&D de Tarifas Internacionais. GESEL; USP; MERCADOS DE ENERGIA; GEPRÁ; CPFL. São Paulo, p. 397, 2015.

GIANNAKIS, D.; JAMASB, T.; POLLITT, M. Benchmarking and incentive regulation of quality qualityservice: an application to the UK electricity distribution networks. **Energy Policy**, 2005.

GOMES, L. A. . F.; GOMES, C. S. F.; ALMEIDA, A. T. D. **Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Teoria da decisão (Coleção debates em administração)**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

_____; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. Rio de Janeiro: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GRÖNROOS, C. A service quality model and its marketing implications. **European Journal of Marketing**, 18(4), 36–44., v. 4, n. 18, p. 36-44, 1984.

_____. The six criteria of good perceived service quality. **Review of Business**, v. 9, n. 3, p. 10–13, 1988.

HALIM, A. et al. Analytical Hierarchy Process and PROMETHEE - Application in Measuring Object Oriented Software Quality. **Advanced Computer Science and Information System (ICACISIS), 2011 International Conference on** dec. 2011. ISSN 978-979-1421-11-9.

HAMMOND, A. et al. **Environmental Indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, DC: World Resources Institut, 1995.

IEEE. **Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices**. Institute of Electrical and Electronics Engineers. New York - USA, 2003.

IEEE BENCHMARK YEAR. Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE. **www.grouper.ieee.org/groups**. Chicago, Illinois, 2017. <<http://grouper.ieee.org/groups/td/dist/sd/doc/Benchmarking-Results-2016.pdf>>.

Disponível em: 1º de maio de 2017.

INSTITUTE, E. E.; DAVIES CONSULTING, I. **State of Reliability Distribution Regulation In the United States**. Edison Electric Institute. [s.l], 2005.

ISHIZAKA, A.; SIRAJ, S. Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. **European Journal of Operational Research**, United Kingdom, 264, 2018, p. 462–471 Contents.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil**. Campinas: Alínea, 2003.

JASMAB, T.; POLLITT , M. Benchmarking and regulation: international electricity experience. **Utilities Policy**, 9, September, 2001, p. 107-130.

JOSKOW, P. L. Incentive Regulation and Its Application to Electricity Networks - Review of Network Economics. **The Energy Journal**, p. 547-560, 2008.

KEENEY, R.; RAIFFA, H. Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs. **John Willey & Sounds**, 1976.

LITTLECHILD, S. **Regulation of British Telecommunications Profitability**: Report to the Secretary of State. London, 1983.

LLC, O. M. C. **Remmendatons for Strengthening the Massashusetts Department of Public Utilitie's Service Qaulity Standards**. Massachusetts, 2012.

LOOTSMA, F. French and American school in multi-criteria decision. **Recherche opérationnelle/operations research**, v. 24, n. 3, p. 263-285, 1990b.

LÓPEZ, R.; GLACHANT, J.; PÉREZ, Y. **A framework for Quality Regulation in Electricity Distribution**. Institute of Electrical and Electronics Engineers, abr. 2008.

MARESCHAL, B.; BRANS, J. P. Geometrical representations for MCDA. **European Journal of Operational Research**, n. 34, p. 69-77, 1988.

MARTTUNEN, M.; LIENERT, J.; BELTON, V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice : A literature review of method combinations. **European Journal of Operational Research**, 263, 2017, p. 1-17.

MONTIGOFIER, J.; BERTIER, P. Approche multicritère des problèmes de décision. **Hommes et Techniques**. Suresnes, 1978.

NBR ISO 9000. **Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e Vocabulário**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [s.l.], 2000.

OECD. Handbook on Constructing Composite Indicators: methodology and user. **Better Policies for Better Lives**, Ispra - Italy, 2008. Disponível em: <<http://www.oecd.org/els/soc/handbookonconstructingcompositeindicatorsmethodologyanduserguide.htm>>. Acesso em: 1º maio 2017.

OFGEM. **The information and incentives project**. Developing the incentive scheme. Final proposals. Ofgem. London, England. 2001. (London, England, www.ofgem.gov.uk). Acesso em: 1º maio 2017.

_____. RIIO-T1: Price Control. Reino Unido. **Office of Gas and Electricity Markets - OFGEM**, 2013. Disponível em: <www.ofgem.gov.uk/network-regulation-%E2%80%93-riio-model/riio-t1-price-control>. Acesso em: 1º maio 2017.

OLIVEIRA E FERREIRA, 2. O. C. L. Escala Servqual. **Wikipedia**, 2009. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_servqual>. Acesso em: 1º maio 2017.

PARASURAMAN, A.; BERRY, L. L.; ZEITHAML, V. Refinement and reassessment of the SERVQUAL scale. **Journal of Retailing**, v. 67, n. 4, p. 420–451, 1991.

_____; _____. A conceptual model of service quality and its implications for future research. **Journal of Marketing**, n. 49, p. 41-50, 1985.

_____; _____. **SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring customer perceptions of service quality**. Cambridge, MA: Cambridge Marketing Science Institute, 1988.

PEDROSA, P. **Desafios da Regulação do Setor Elétrico, modicidade tarifária e atração de investimentos**. ANEEL. Brasília, p. 3, 2005.

PEREZ, J. P. G. **Proposta de Procedimenot para o Estabelecimento de Metas de Qualidade dos Serviços de Distribuição de Energia Elétrica**. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, p. 120, 2012.

PHILIP, G.; STEWART, J. Assessment of the service quality of a cancer information service using a new P-C-P attributes model. *Managing Service. **Managing Quality Service***, 9, n. 3, mar. 1999, p. 167-179.

PINTO, F. S. et al. The quality of service: An overall performance assessment for water utilities. **Omega**, 2017, p. 115-125.

POLLITT, M. G. The future of electricity (and gas) regulation in a low-carbon policy world. **Energy Journal**, 7, n. 4, 2008, p. 547-560.

QUEIROZ, L. M. O. **Assessing the overall performance of brazilian electric distribution companies**. The George Washington University. Washington, DC, 2012.

RAP. **Electricity Regulatory in the US: The Guide**. The Regulatory Assistance Project. Montpelier, Vermont, 2011.

RICHARD, M. D.; ALLAWAY, A. W. Service quality attributes and choice behaviour. **Journal of Service Marketing**, n. 7, p. 59-68, jan. 1993.

ROY, B. Classement et choix en presence de points de vue multiples: la methode. **Revue d'Informatique et de Recherche Operationelle**, Dauphine, v. 2, p. 57-75, 1968. ISSN 8. _____.

_____. **Multicriteria methodology for decision ainding**. Netherland, 1996.

_____; BOUYSSOU, D. **Aide Multicritèreà la Décision: Méthodes et Cas**. Paris: Economica, 1993.

_____; HUGONNARD, J. C. Ranking of suburban line extension projects on the Paris Metro System by a multicriteria method. **Transportation Research**, Paris, v. 16A, p. 301-312, 1982.

_____; SKALKA, J. M. ELECTRE IS - Aspects méthodologiques et guide.Document du LAMSADE., Dauphine, 1984. ISSN n. 30.

_____; VANDERPOOTEN, D. The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works. **Journal of Multicriteria Decision Analysis**, v. 5, p. 22-38, 1996.

RUDNICK, H. et al. Stimulating efficient distribution. **Pow. Energy Mag IEEE**, 4, 2007, p. 28-38.

RUDNICK, H.; DONOSO, J. A. Integration of price cap and yardstick competition schemes in electrical distribution regulation. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 15, n. 4, p. 1428-33, 2000.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, 48, 1990, p. 9-26.
- SALOMON, V. A. P. **AN EXAMPLE ON THE UNRELIABILITY OF MACBETH APPLICATIONS**. 4th International Conference on Production Research - ICPR Americas' 2008. São Paulo: [s.n.], 2008.
- SANTIFE, M. B.; CHACUR, R. S. **A Regulação Tarifária e o Comportamento dos Preços Administrados**. www.acessoseguro.tcu.gov.br, 2010. Disponível em: <<http://acessoseguro.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/669954.PDF>>. Acesso em: 1º maio 2017.
- SANTOS, C. S. **A Regulação da Distribuição de Energia Elétrica Brasileira: relações entre agências e a qualidade dos serviços de concessionárias**. Salvador - BA, 2003.
- SAPPINGTON, D. Regulating Service Quality: A Survey. *Journal of Regulatory Economics*. **Journal of Regulatory Economics**, 27 2005. 123-154.
- SCHARLIG, A. Décider sur plusieurs critères panorama de l'aide à la décision multicritère. **Collections Diriger l'Entreprise 1**. Lausanne, 1990.
- SHIMIZU, T. **Decisões nas organizações**. São Paulo: Atlas, 2001.
- SIMON, C. P.; BLUME, L. **Matemática para economistas**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- SRDJEVIC, B. et al. Evaluating management strategies in Paraguaçu river basin by analytic hierarchy process. **International Modelling and Software Society**. Lugano - Suíça, 2002.
- STIGLINGH, M. A measuring instrument to evaluate e-service quality in revenue authority setting. **Public Relations Review**, 40, n. 2, June 2014, p. 216-225.
- TAHVANAINEN, K. et al. **Quality regulation in electricity distribution business**, Working paper. Lappeenranta University of Technology. Finland, 2007.
- TANURE, J. E. P. S. **Análise comparativa de empresas de distribuição para o estabelecimento de metas de desempenho para os indicadores de continuidade de serviços de distribuição**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Itajubá, 2000.
- TER-MARTIROSYAN, A.; KAWOKA, J. Incentive regulation, service quality, and standards in the U.S. electricity distribution. **Journal of Regulatory Economics**, Washington, v. 38, p. 258-273, 2010.
- TSOUKIAS, A. From decision theory to decision aiding methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 187, p. 138-161, 2008.

- UFU - FAU. **Relatório Técnico 1/8** - Regulamentos e normas nacionais e internacionais e principais pesquisas já realizadas no Brasil e no exterior. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 107, 2014.
- USP - ENERQ. **Metodologias de Revisão Tarifária Periódica das Distribuidoras de Energia Elétrica** - Subprojeto 5: Modelos de Engenharia. Enerq - ABRADÉE. São Paulo, 2013, p. 118.
- VARGAS, L. G. European Journal Operational Research. **An overview of the Analytic Hierarche Process and its application**, v. 48, p. 2-8, 1990.
- VILJAINEN, S. et al. **Regulation of electricity distribution business**. Working paper. Lappeenranta University of Technology. Finland, 2004.
- VILJAINEN, S; TAHVANAINEN, K; LASSILA, J; HONKAP, S; PARTANEN, J. REGULATION OF ELECTRICITY DISTRIBUTION BUSINESS. In. **Filand: Lappeenranta University of Technology [on line]**, Filand, 2008. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.200.8140&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 1º maio 2017.
- VILLELA, F. R. **Análise Multicritério para a Definição do Índice de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica por uma Distribuidora**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Rio de Janeiro, 2009.
- VINCKE, P. Analysis multicriteria decision aid in Europe. **European Journal of Operational Research**, 25, 1986, p. 160-168.
- VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. New York: John Wiley: [s.n.], 1992.
- VOGELSANG, L. Incentive Regulation and Competition in Public Utility Markets: A 20-Year Perspective. **Journal of Regulatory Economics**, v. 22, n. 1, p. 5-27, July 2002.
- WEI, L. et al. Evaluation of Grid Energy Storage System Based on AHP-PROMETHEE-GAIA. **Proceedings of the 35th Chinese Control Conference July 27-29, 2016, Chengdu, China**. Chengdu, China, 27-29, July 2016.
- WEI, Y. **ELECTRE TRI: aspects méthodologiques et manuel d'utilisation**. Document du LAMSADE, Université Paris-Dauphine. Dauphine, p. 74, 1992.
- YOON, K.; HWANG, C.-L. **Multiple attribute decision making an introduction**. Thousand Oask: Sage Publications, 1995.

APÊNDICES

Apêndice A

Faixas de Classificação de Tensões – Tensões de Regime Permanente

Tabela A.1 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 230 kV.

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,93TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,93TR$ ou $TL > 1,07TR$

Tabela A.2 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV.

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$

Tabela 3 – Pontos de conexão em Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV.

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Apêndice A

Faixas de Classificação de Tensões – Tensões de Regime Permanente (Continuação).

Tabela A.4 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233) /$ $(110 \leq TL < 117$ ou $133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 191$ ou $TL > 233) / (TL < 110$ ou $TL > 135)$

Tabela A.5 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399) / (202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350$ ou $399 < TL \leq 403) /$ $(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331$ ou $TL > 403) / (TL < 191$ ou $TL > 233)$

Tabela A.6 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (254/127).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(234 \leq TL \leq 267) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(221 \leq TL < 234$ ou $267 < TL \leq 269) /$ $(110 \leq TL < 117$ ou $133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 221$ ou $TL > 269) / (TL < 110$ ou $TL > 135)$

Tabela A.7 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (440/220).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(405 \leq TL \leq 462) / (202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(383 \leq TL < 405$ ou $462 < TL \leq 466) /$ $(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 383$ ou $TL > 466) / (TL < 191$ ou $TL > 233)$

Apêndice A

Faixas de Classificação de Tensões – Tensões de Regime Permanente (Continuação).

Tabela A.8 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (208/120).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(191 \leq TL \leq 218) / (110 \leq TL \leq 126)$
Precária	$(181 \leq TL < 191$ ou $218 < TL \leq 220) /$ $(104 \leq TL < 110$ ou $126 < TL \leq 127)$
Crítica	$(TL < 181$ ou $TL > 220) / (TL < 104$ ou $TL > 127)$

Tabela A.9 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (230/115).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(212 \leq TL \leq 242) / (106 \leq TL \leq 121)$
Precária	$(200 \leq TL < 212)$ ou $(242 < TL \leq 244) /$ $(100 \leq TL < 106$ ou $121 < TL \leq 122)$
Crítica	$(TL < 200$ ou $TL > 244) / (TL < 100$ ou $TL > 122)$

Tabela A.10 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (240/120).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(221 \leq TL \leq 252) / (110 \leq TL \leq 126)$
Precária	$(209 \leq TL < 221$ ou $252 < TL \leq 254) /$ $(104 \leq TL < 110$ ou $126 < TL \leq 127)$
Crítica	$(TL < 209$ ou $TL > 254) / (TL < 104$ ou $TL > 127)$

Tabela A.11 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/110).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (101 \leq TL \leq 116)$
Precária	$(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233) /$ $(96 \leq TL < 101$ ou $116 < TL \leq 117)$
Crítica	$(TL < 191$ ou $TL > 233) / (TL < 96$ ou $TL > 117)$

Apêndice A

Faixas de Classificação de Tensões – Tensões de Regime Permanente (Continuação).

Tabela A.12 – Faixas aplicadas às tensões nominais inferiores a 1 kV para formação das Tabelas 4 a 11.

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão Nominal (TN)
Adequada	$0,92TN \leq TL \leq 1,05TN$
Precária	$0,87TN \leq TL < 0,92TN$ ou $1,05TN < TL \leq 1,06TN$
Crítica	$TL < 0,87TN$ ou $TL > 1,06TN$

Fonte: ANEEL

Apêndice B

Dados de entrada do Caso 1 - software PROMETHEE

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="radio"/> Scenario1	DEC	FEC	ICC	DER	FER	
Unit	Horas	Quantidade	Porcento	Horas	Quantidade	
Cluster/Group	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Preferences						
Min/Max	min	min	min	min	min	
Weight	0,36	0,18	0,30	0,10	0,06	
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	
Thresholds	absolute	absolute	percentage	absolute	absolute	
- Q: Indifference	0,000	0,000	0	0,00	0,00	
- P: Preference	12,990	6,550	9,58	592,21	37,28	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Statistics						
Minimum	7,540	5,430	2,30	6,04	4,23	
Maximum	12,990	6,550	9,58	592,21	37,28	
Average	10,615	5,838	5,27	209,71	18,57	
Standard Dev.	1,975	0,428	2,78	228,37	12,45	
Evaluations						
<input checked="" type="checkbox"/> COELCE	<input checked="" type="radio"/>	7,540	5,610	3,45	6,04	11,15
<input checked="" type="checkbox"/> LIGHT	<input checked="" type="radio"/>	11,330	5,760	2,30	169,45	21,64
<input checked="" type="checkbox"/> ELETROPAULO	<input checked="" type="radio"/>	10,600	5,430	9,58	592,21	37,28
<input checked="" type="checkbox"/> CEMIG-D	<input checked="" type="radio"/>	12,990	6,550	5,75	71,15	4,23

Apêndice C

Dados de entrada do Caso 2 - software PROMETHEE

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Scenario1	DEC	FEC	ICC	DER	FER		
Unit	Horas	Quantidade	Porcento	Horas	Quantidade		
Cluster/Group	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Preferences							
Min/Max	min	min	min	min	min		
Weight	0,36	0,18	0,30	0,10	0,06		
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear		
Thresholds	absolute	absolute	percentage	absolute	absolute		
- Q: Indifference	0,00	0,00	0	0,00	0,00		
- P: Preference	43,24	25,07	50,43	706,70	40,06		
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a		
Statistics							
Minimum	7,25	4,31	1,62	71,63	1,38		
Maximum	43,24	25,07	50,43	706,70	40,06		
Average	18,75	10,54	12,69	266,24	15,51		
Standard Dev.	9,35	6,36	12,25	185,39	9,87		
Evaluations							
<input checked="" type="checkbox"/>	CEAL	◆	29,56	20,70	50,43	353,28	5,44
<input checked="" type="checkbox"/>	CEPISA	◆	26,21	19,91	45,19	706,70	19,90
<input checked="" type="checkbox"/>	EMT	◆	30,24	24,13	1,62	250,85	9,58
<input checked="" type="checkbox"/>	AES-SUL	◆	19,11	8,42	30,78	382,69	32,08
<input checked="" type="checkbox"/>	EPB	◆	18,20	7,99	13,94	706,64	5,93
<input checked="" type="checkbox"/>	COSERN	◆	14,72	7,51	7,13	170,46	11,01
<input checked="" type="checkbox"/>	RGE	◆	15,98	8,33	20,83	121,12	29,64
<input checked="" type="checkbox"/>	ESCELSA	◆	9,06	5,08	6,06	109,20	25,72
<input checked="" type="checkbox"/>	CEEE-D	◆	17,08	11,70	8,71	564,67	11,36
<input checked="" type="checkbox"/>	CPFL-Piratininga	◆	7,25	4,31	8,45	101,17	24,64
<input checked="" type="checkbox"/>	BANDEIRANTE	◆	8,43	5,09	8,52	146,03	16,11
<input checked="" type="checkbox"/>	CELPA	◆	37,93	22,39	19,84	494,60	15,41
<input checked="" type="checkbox"/>	CEMAR	◆	15,28	8,95	15,04	301,54	4,83
<input checked="" type="checkbox"/>	ELEKTRO	◆	8,50	4,69	2,28	375,55	10,97
<input checked="" type="checkbox"/>	AMPLA	◆	27,80	13,25	5,56	137,50	6,36
<input checked="" type="checkbox"/>	CELESC-DIS	◆	14,67	10,16	9,21	140,96	8,35
<input checked="" type="checkbox"/>	CELG-D	◆	43,24	25,07	4,35	431,26	40,06
<input checked="" type="checkbox"/>	CELPE	◆	19,31	8,12	15,08	125,27	8,11
<input checked="" type="checkbox"/>	COELCE	◆	12,26	6,82	6,75	252,40	1,38
<input checked="" type="checkbox"/>	CPFL-Paulista	◆	7,76	4,89	3,50	107,05	14,91
<input checked="" type="checkbox"/>	LIGHT	◆	12,61	6,44	4,58	200,46	24,64
<input checked="" type="checkbox"/>	COPEL-DIS	◆	13,67	8,33	10,78	128,25	7,18
<input checked="" type="checkbox"/>	COELBA	◆	24,78	8,82	6,87	132,92	6,91
<input checked="" type="checkbox"/>	ELETROPAULO	◆	23,62	6,48	7,40	143,89	22,78
<input checked="" type="checkbox"/>	CEMIG-D	◆	11,54	5,88	4,25	71,63	24,57