

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Mauro Fonseca Rodrigues**

**NOVO CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
OPERACIONAL PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES  
POR MEIO DA LÓGICA FUZZY**

Santa Maria, RS.  
2020

**Mauro Fonseca Rodrigues**

**NOVO CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
OPERACIONAL PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES  
POR MEIO DA LÓGICA FUZZY**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Sistemas de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Elétrica**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alzenira da Rosa Abaide

Santa Maria, RS.

2020

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Rodrigues, Mauro Fonseca  
NOVO CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO  
OPERACIONAL PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES POR MEIO DA  
LÓGICA FUZZY / Mauro Fonseca Rodrigues.- 2020.  
170 p.; 30 cm

Orientadora: Alzenira da Rosa Abaide  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica, RS, 2020

1. Rede Elétrica Inteligente 2. Indicadores de  
Continuidade 3. Telecomunicações 4. Indicadores  
Operacionais 5. Lógica Fuzzy I. Abaide, Alzenira da Rosa  
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MAURO FONSECA RODRIGUES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

---

© 2020

Todos os direitos autorais reservados a Mauro Fonseca Rodrigues. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: mauro.rodrigues@gmail.com


---

**Mauro Fonseca Rodrigues**


**NOVO CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES POR MEIO DA LÓGICA FUZZY**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Sistemas de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Elétrica**.

**Aprovado em 14 de agosto de 2020:**

  
\_\_\_\_\_  
**Alzenira da Rosa Abaide, Dra. (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
**Luciane Neves Canha, Dra. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Daniel Bernardon, Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Nelson Knak Neto, Dr. (Uri)**

  
\_\_\_\_\_  
**Manuel Osório Binelo, Dr. (Unijuí)**

Santa Maria, RS  
2020

## DEDICATÓRIA

Para Remi e Jesus, meus falecidos pais, que forjaram no meu espírito a importância da educação e para minha família, Lisandra, Isadora e Murilo, que me incentivaram em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer é citar as pessoas e uma forma de marcar definitivamente aqueles que nos apoiam em momentos importantes. Então aqui vão alguns que efetivamente contribuíram para este trabalho.

Em primeiro lugar agradeço à minha família, que sempre entende e me apoia nos momentos que preciso me ausentar para trabalhar, estudar e escrever, mesmo que seja no período de férias...

À minha orientadora, Professora Dra. Engenheira Alzenira da Rosa Abaide por sua paciência, perseverança e confiança. É uma pessoa que deve ser admirada pela sua disponibilidade e empenho (mesmo em férias!), enfim alguém que levo como amiga para toda vida.

Aos Doutores Nelson Knak Neto e Daniel Bernardon, pelas suas colocações elucidativas na banca de qualificação deste trabalho. Foi um alinhamento extremamente necessário para chegar a este momento.

A todos meus alunos de graduação que elevam meu conhecimento através da troca incessante de conhecimentos e das questões inquietantes. Especialmente àqueles que torceram durante todo o tempo, acreditaram nas pesquisas e trabalhos nesta área, traduziram, leram e publicaram junto comigo. Ser um bom exemplo é uma das infinitas funções de um Professor.

Aos amigos que pensam que sabem, mas que não fazem ideia alguma do que é mesmo um Doutorado.

Ao André da Secretaria da PPGEE pela dedicação e profissionalismo em solucionar as demandas, mesmo em período de pandemia.

Aos colegas de trabalho que sofrem junto e/ou enxergam no esforço alheio uma forma de incentivo ao próprio crescimento pessoal e profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES/PROEX) – Código de Financiamento 001.

Enfim, a todos que de alguma forma estiveram envolvidos neste processo de vários anos que passou por uma viagem cheia de desafios, guiado por mãos acolhedoras, com paradas e saudações a avaliadores, culminando numa qualificação prévia e numa aceitação posterior. Esse processo é rico, desafiador e traz uma base estrutural forte para solidificar a construção superior.

## RESUMO

### NOVO CONJUNTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL PARA REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES POR MEIO DA LÓGICA FUZZY

AUTOR: Mauro Fonseca Rodrigues

ORIENTADORA: Dra. Alzenira da Rosa Abaide

A análise de desempenho operacional é uma ferramenta multidisciplinar que permite ao gestor de sistemas de Engenharia uma forma de controlar a qualidade dos serviços prestados ou fornecidos, conforme a necessidade. Para que essa ferramenta operacional tenha efetividade é necessário conhecer os detalhes dos processos envolvidos e modelar matematicamente métricas que tragam respostas representativas a partir de metas estabelecidas para qualificação do sistema. Neste trabalho, foram analisadas as métricas de qualidade estabelecidas para os sistemas de Telecomunicações e de continuidade dos serviços de Distribuição de Energia Elétrica, fiscalizados por Anatel e Aneel, respectivamente. Os dois métodos possuem divergências em horários, períodos avaliados e relações matemáticas. Além disso, possuem poucos índices relacionando seus indicadores. Assim, foi selecionada a Lógica Fuzzy, como ferramenta matemática, para relacionar os indicadores atualmente praticados de forma a criar índices mais abrangentes que possam compor uma nova metodologia de análise de desempenho operacional para as Redes Elétricas Inteligentes (REI). Esta metodologia parte da união dos conjuntos atuais com suas respectivas métricas, sendo organizada em quatro eixos principais: índices específicos, índices de monitoramento instantâneo, indicadores novos e satisfação do cliente. A partir desses grupos, foram desenvolvidos indicadores e índices para avaliar a qualidade da REI. Então, para o primeiro agrupamento: índices de estabelecimento e continuidade da conexão de dados (REI01) e de garantia da taxa de transmissão contratada (REI02) e indicador de qualidade da infraestrutura (REI07); para o segundo: índices de capacidade instantânea de interrupções individuais (REI03), de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções individuais (REI04), de capacidade de apuração instantânea de interrupções coletivas (REI05), de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções individuais (REI06); para o terceiro: indicadores da taxa instantânea de transferência de dados (SMP10i/SCM4i) e da taxa média mensal de transferência de dados individual (SMP11i/SCM5i); e, para o quarto: a união de vários indicadores e índices atuais que compõem a satisfação do cliente, como taxa de queda de ligações (SMP7), duração máxima de interrupção contínua (DMIC), taxa de reclamações dos usuários (REL), número de solicitações de reparo (RAI), satisfação do consumidor Aneel (IASC), pesquisa de satisfação e qualidade percebida Anatel (SCM e SMP). Dados iguais com metas distintas por empresa (DIC, por exemplo) foram normalizados através do Valor Unitário de Indicador (VUI) criado. Através da Lógica Fuzzy foi possível implementar a avaliação das entradas a partir das metas estipuladas pelos regulamentos atuais, em níveis estabelecidos como estágios ou níveis de qualidade numéricos equivalentes, sendo: péssimo (0 – 0,3), ruim (0,2 – 0,6), bom (0,5 – 0,9) e excelente (0,8 – 1). Os fuzzificadores e defuzzificadores foram testados com uma REI, encontrada na bibliografia, e com dados reais de uma região brasileira com REI implantada, mostrando aderência nas avaliações e resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Rede Elétrica Inteligente. Indicadores de Continuidade. Telecomunicações. Indicadores operacionais. Lógica Fuzzy. Distribuição de Energia Elétrica.

## ABSTRACT

### NEW GROUP OF OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS FOR SMART GRIDS THROUGH FUZZY LOGIC

AUTHOR: Mauro Fonseca Rodrigues

ADVISOR: Dra. Alzenira da Rosa Abaide

Operational performance analysis is a multidisciplinary tool that allows the engineering systems manager to control the quality of services provided, as needed. For this operational tool to be effective, it is necessary to know the details of the processes involved and mathematically model metrics that bring representative responses from the goals established for the qualification of the system. In this work, the quality metrics established for the Telecommunications systems and the continuity of the Electricity Distribution services, inspected by Anatel and Aneel, respectively, were analyzed. The two methods have differences in schedules, evaluated periods and mathematical relationships. The two methods have differences in schedules, evaluated periods and mathematical relationships. In addition, they have few indexes listing their indicators. Thus, Fuzzy Logic was selected as a mathematical tool to relate the indicators currently practiced in order to create more comprehensive indices that can compose a new methodology for the analysis of operational performance for Smart Grids (REI). This methodology starts from the union of the current sets with their respective metrics, being organized in four main axes: specific indices, instant monitoring indices, new indicators and customer satisfaction. From these groups, indicators and indexes were developed to assess the quality of REI. Then, for the first grouping: indexes of establishment and continuity of data connection (REI01) and guarantee of the contracted transmission rate (REI02) and infrastructure quality indicator (REI07); for the second: indices of instantaneous capacity of individual interruptions (REI03), of instantaneous ability to calculate the frequency of individual interruptions (REI04), of instantaneous capacity of collective interruptions (REI05), of instantaneous ability to calculate the frequency of interruptions individual (REI06); for the third: indicators of the instantaneous data transfer rate (SMP10i / SCM4i) and the average monthly individual data transfer rate (SMP11i / SCM5i); and, for the fourth: the union of several current indicators and indices that make up customer satisfaction, such as drop rate (SMP7), maximum duration of continuous interruption (DMIC), user complaints rate (REL), number repair requests (RAI), consumer satisfaction Aneel (IASC), satisfaction survey and perceived quality Anatel (SCM and SMP). Equal data with different goals per company (DIC, for example) were normalized through the Indicator Unit Value (VUI) created. Through the Fuzzy Logic it was possible to implement the evaluation of the inputs from the goals stipulated by the current regulations, in levels established as stages or equivalent numerical quality levels, being: very bad (0 - 0.3), bad (0.2 - 0.6), good (0.5 - 0.9) and excellent (0.8 - 1). The fuzzifiers and defuzzifiers were tested with a REI, found in the bibliography, and with real data from a Brazilian region with an implanted REI, showing adherence in the evaluations and results obtained.

**Keywords:** Smart Grids, Continuity Indicators, Telecommunications, Operational Indicators, Fuzzy Logic. Electricity Distribution.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Índices e indicadores.....	26
Figura 2.2 – Telecomunicações integrada ao SEP – Rede Elétrica Inteligente .....	29
Figura 2.3 – Telecomunicações e Tecnologia da Informação .....	30
Figura 2.4 – Mensagem na rede e as camadas envolvidas .....	32
Figura 2.5 – Topologias de rede de Telecomunicações.....	35
Figura 2.6 – Exemplo de topologia de rede de transporte.....	36
Figura 2.7 – Redes distintas para Telecomunicações e SEP.....	39
Figura 2.8 – Grau de pertinência de um número clássico e um Fuzzy.....	46
Figura 2.9 – Geometrias típicas para Lógica Fuzzy .....	47
Figura 2.10 – Níveis de avaliação computacional .....	48
Figura 2.11 – Elementos de um sistema com Lógica Fuzzy .....	50
Figura 3.1 – Eventos de falha de comunicação X registros Anatel do SMP8 para duas Operadoras de Telecomunicações.....	71
Figura 3.2 – Número de métricas usadas por Anatel e Aneel .....	72
Figura 4.1 – Fluxograma de criação dos novos indicadores e índices de desempenho.....	74
Figura 4.2 – Caracterização das topologias escolhidas .....	77
Figura 4.3 – Caracterização das tecnologias escolhidas .....	80
Figura 4.4 – Caracterização dos meios escolhidos .....	82
Figura 4.5 – Controlador implementado .....	85
Figura 4.6 – Entradas para compor o conjunto de índices/indicadores REI.....	88
Figura 4.7 – Estrutura da metodologia proposta para análise de desempenho .....	91
Figura 4.8 – Estrutura para os defuzzificadores .....	93
Figura 4.9 – Áreas e indicadores a serem relacionados na análise de desempenho operacional.....	95
Figura 4.10 – Agrupamentos de métricas proposta pelo novo conjunto de indicadores e índices de desempenho operacional.....	99
Figura 5.1 – Agrupamentos a partir da metodologia de análise de desempenho operacional.....	102
Figura 5.2 – Superfície para o índice REI01 .....	104
Figura 5.3 – Superfície para o índice REI02 .....	106
Figura 5.4 – Superfície para o índice REI07 .....	108
Figura 5.5 – Superfície para o índice REI03 .....	110
Figura 5.6 – Superfície para o índice REI04 .....	111
Figura 5.7 – Superfície para o índice REI05 .....	112
Figura 5.8 – Número de métricas anteriores e com a nova metodologia .....	116
Figura 6.1 – Entradas e saídas para defuzzificador Comunicação .....	118
Figura 6.2 – Defuzzificador de saída para Comunicação.....	119
Figura 6.3 – Aplicação da metodologia de avaliação de rede de comunicação .....	120
Figura 7.1 – Percentual de cumprimento de metas SMP por Região do Brasil.....	131
Figura 7.2 – Histórico do cumprimento de meta DEC para o Brasil .....	131
Figura 7.3 – Topologia aplicada na REI Cemig Sete Lagoas/MG .....	132

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Principais modelos de avaliação de desempenho .....	27
Quadro 2.2 – Modelo OSI .....	31
Quadro 3.1 – Indicadores IEEE Standard 1366 .....	54
Quadro 3.2 – Indicadores de continuidade da Aneel .....	55
Quadro 3.3 – Indicadores de SCM da Anatel .....	57
Quadro 3.4 – Indicadores de SMP da Anatel.....	60
Quadro 4.1 – Topologias de comunicação .....	77
Quadro 4.2 – Tecnologias utilizadas.....	79
Quadro 4.3 – Meios .....	81
Quadro 4.4 – Regras do defuzzificador .....	84
Quadro 4.5 – Classificação das variáveis para os controladores Fuzzy .....	92
Quadro 4.6 – Metas da Região de Sete Lagoas/MG transformadas para VUI .....	94
Quadro 4.7 – Dados para controlador a partir dos indicadores SCM .....	97
Quadro 4.8 – Dados para controlador a partir dos indicadores SMP .....	97
Quadro 4.9 – Dados para controlador a partir dos indicadores Prodist .....	98
Quadro 4.10 – Dados para controlador a partir dos indicadores STFC .....	98
Quadro 4.11 – Dados para controlador da infraestrutura de Telecomunicações .....	99
Quadro 5.1 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI01 .....	103
Quadro 5.2 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI02.....	105
Quadro 5.3 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI07 .....	107
Quadro 5.4 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI03.....	109
Quadro 5.5 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI05.....	112
Quadro 6.1 – Dados de entrada para o fuzzificador Comunicação REI.....	121
Quadro 7.1 – Indicadores SMP Anatel Região 31 Sete Lagoas/MG 2017 .....	134
Quadro 7.2 – Indicadores SCM Anatel Região 31 Sete Lagoas/MG 2018 .....	135
Quadro 7.3 – REI01 - resultados da metodologia para dados reais SMP .....	137
Quadro 7.4 – REI01 - resultados da metodologia para dados reais SCM .....	137
Quadro 7.5 – REI02 - resultados da metodologia para dados reais SMP .....	138
Quadro 7.6 – REI02 - resultados da metodologia para dados reais SCM .....	139
Quadro 7.7 – REI07 - resultados da metodologia para dados reais .....	139
Quadro 7.8 – REI03 - resultados da metodologia para dados reais .....	141
Quadro 7.9 – REI04 - resultados da metodologia para dados reais .....	142
Quadro 7.10 – REI05 - resultados da metodologia para dados reais .....	142
Quadro 7.11 – REI06 - resultados da metodologia para dados reais .....	143
Quadro 7.12 – Indicadores de satisfação dos clientes .....	144

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Diferença entre dados, informações e indicadores.....	25
Tabela 2.2 – Serviços de Telecomunicações na Distribuição de Energia Elétrica ....	43
Tabela 2.3 – Viajante definindo entre dois caminhos .....	49
Tabela 3.1 – Serviços com indicadores controlados pela Anatel .....	56
Tabela 3.2 – Tamanho do arquivo de teste.....	67
Tabela 3.3 – Critérios de avaliação de conformidade .....	67
Tabela 3.4 – Diferenças de abordagem entre indicadores Anatel e Aneel.....	69
Tabela 3.5 – Amostra de eventos de falha de comunicação em operação de religador telecomandado .....	70
Tabela 6.1 – Variação da qualidade na comunicação para algumas entradas .....	119
Tabela 6.2 – Resultados da análise efetuada .....	121
Tabela 6.3 – Entradas arbitradas para estudo de caso SMP e continuidade .....	122
Tabela 6.4 – Resultados para REI01 .....	123
Tabela 6.5 – Resultados para REI02 .....	124
Tabela 6.6 – Resultados para REI07 .....	125
Tabela 6.7 – Resultados para REI03 .....	126
Tabela 6.8 – Resultados para REI04 .....	127
Tabela 6.9 – Resultados para REI05 .....	128
Tabela 6.10 – Resultados para REI06 .....	129
Tabela 6.11 – Resultados para SMP10i e SMP11i, indicadores individuais .....	129
Tabela 7.1 – Topologia de comunicação para REI Cemig .....	133
Tabela 7.2 – Indicadores de continuidade Cemig Sete Lagoas/MG 2017.....	136

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABINEE</b>	- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
<b>ADSL</b>	- <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
<b>AHP</b>	- <i>Analytic Hierarchy Process</i>
<b>AMI</b>	- <i>Advanced Metering Infrastructure</i>
<b>ANATEL</b>	- Agência Nacional de Telecomunicações
<b>ANEEL</b>	- Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>APO</b>	- Administração por Objetivos
<b>BT</b>	- Baixa Tensão
<b>CAIDI</b>	- <i>Customer Average Interruption Duration Index</i>
<b>CAIFI</b>	- <i>Customer Average Interruption Frequency Index</i>
<b>COD</b>	- Centro de Operação de Distribuição
<b>DEC</b>	- Duração Equivalente de interrupção por unidade consumidora
<b>DIC</b>	- Duração de interrupção Individual por unidade consumidora
<b>DMIC</b>	- Duração Máxima de Interrupção Contínua
<b>DICRI</b>	- Duração da Interrupção individual ocorrida em dia Crítico
<b>DRC</b>	- Duração Relativa de Transgressão de Tensão Crítica
<b>DRP</b>	- Duração Relativa de Transgressão de Tensão Precária
<b>DWDM</b>	- <i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
<b>FEC</b>	- Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora
<b>FIC</b>	- Frequência de Interrupção Individual por unidade consumidora
<b>FGSO</b>	- <i>Fuzzy Galactic Swarm Optimization</i>
<b>GPRS</b>	- <i>General Packet Radio Services</i>
<b>GSO</b>	- <i>Galactic Swarm Optimization</i>
<b>IASC</b>	- Índice Aneel de Satisfação do Consumidor
<b>IC</b>	- Índice de Coerência
<b>ICT</b>	- <i>Information and Communication Technologies</i>
<b>IDA</b>	- Índice de Desempenho no Atendimento
<b>IDQ</b>	- Índice de Desempenho de Qualidade
<b>IEC</b>	- <i>International Electrotechnical Commission</i>
<b>IEEE</b>	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<b>IHM</b>	- Interface Homem-Máquina
<b>IP</b>	- <i>Internet Protocol</i>
<b>ITU</b>	- <i>International Telecommunication Union</i>
<b>kbps</b>	- quilo bits por segundo
<b>OSI</b>	- <i>Open Systems Interconnection</i>
<b>MAIFI</b>	- <i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i>
<b>MPPT</b>	- <i>Maximum Power Point Tracking</i>
<b>OMPI</b>	- Organização Mundial de Propriedade Intelectual
<b>PADO</b>	- Procedimentos de Apuração de Descumprimento de Obrigações
<b>P&amp;D</b>	- Pesquisa e Desenvolvimento
<b>PLC</b>	- <i>Power Line Communication</i>

<b>PMM</b>	- Período de Maior Movimento
<b>PMT</b>	- Período de Maior Tráfego
<b>PNQ</b>	- Prêmio Nacional da Qualidade
<b>Prodist</b>	- Procedimentos de Distribuição
<b>RAI</b>	- Número de solicitações de reparo STFC
<b>REI</b>	- Redes Elétricas Inteligentes
<b>REL</b>	- Taxa de reclamações STFC
<b>RF</b>	- Rádio Frequência
<b>RGQ</b>	- Regulamento de Gestão da Qualidade
<b>SAIDI</b>	- <i>System Average Interruption Duration Index</i>
<b>SAIFI</b>	- <i>System Average Interruption Frequency Index</i>
<b>SCM</b>	- Serviço de Comunicação Multimídia
<b>SCM4</b>	- Taxa da velocidade instantânea (download/upload) SCM
<b>SCM5</b>	- Taxa média de velocidade contratada mensal SCM
<b>SCM8</b>	- Taxa de perda de pacotes SCM
<b>SCM9</b>	- Taxa de disponibilidade da conexão SCM
<b>SDH</b>	- <i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
<b>SE</b>	- Subestação
<b>SEP</b>	- Sistema Elétrico de Potência
<b>SLP</b>	- Serviço Limitado Privado
<b>SME</b>	- Serviço Móvel Especializado
<b>SMP</b>	- Serviço Móvel Pessoal
<b>SMP7</b>	- Taxa de queda de ligações SMP
<b>SMP8</b>	- Taxa de conexão SMP
<b>SMP9</b>	- Taxa de queda de conexões SMP
<b>SMP10</b>	- Taxa de transmissão instantânea (download/upload) SMP
<b>SMP11</b>	- Taxa de transmissão média mensal SMP
<b>STFC</b>	- Serviço Telefônico Fixo Comutado
<b>STVA</b>	- Serviço de TV por Assinatura
<b>TI</b>	- Tecnologia da Informação
<b>TIC</b>	- Tecnologia da Informação e Comunicação
<b>UC</b>	- Unidade Consumidora
<b>UF</b>	- Unidade Federativa
<b>VUI</b>	- Valor Unitário de Indicador
<b>VPN</b>	- <i>Virtual Private Network</i>
<b>WI-FI</b>	- <i>Wireless Fidelity</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVO GERAL.....	20
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
2.1	INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL.....	24
<b>2.1.1</b>	<b>Classificação das informações</b> .....	25
2.2	COMUNICAÇÃO PARA REI.....	28
<b>2.2.1</b>	<b>Características relevantes para Telecomunicações</b> .....	30
2.2.1.1	<i>Tecnologias e conceitos importantes para formação de rede de transporte</i> .....	33
2.2.1.2	<i>Termos gerais</i> .....	33
2.2.1.3	<i>Topologias</i> .....	35
2.2.1.4	<i>Meios de comunicação</i> .....	38
<b>2.2.2</b>	<b>Tecnologias</b> .....	38
<b>2.2.3</b>	<b>Operação do COD e as REI</b> .....	39
<b>2.2.4</b>	<b>Serviços concedidos pela Anatel e utilizados nas concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica</b> .....	40
<b>2.2.5</b>	<b>Considerações sobre os conceitos de Telecomunicações apresentados</b> .....	43
2.3	LÓGICA FUZZY.....	45
<b>2.3.1</b>	<b>Fuzzificador e defuzzificador</b> .....	47
<b>2.3.2</b>	<b>Aplicações em controle</b> .....	51
<b>3</b>	<b>INDICADORES OPERACIONAIS ENVOLVIDOS</b> .....	53
3.1	INDICADORES DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	53
<b>3.1.1</b>	<b>Indicadores IEEE Std. 1366</b> .....	53
<b>3.1.2</b>	<b>Indicadores Aneel Prodist Módulo 8</b> .....	54
3.2	INDICADORES ANATEL.....	55
<b>3.2.1</b>	<b>Indicadores de qualidade Anatel</b> .....	56
<b>3.2.2</b>	<b>Indicadores para SCM</b> .....	56
<b>3.2.3</b>	<b>Indicadores para SMP</b> .....	59
3.3	ANÁLISE DE INDICADORES ANATEL.....	64
<b>3.3.1</b>	<b>Análise da metodologia usada para o SCM</b> .....	65
<b>3.3.2</b>	<b>Análise da metodologia usada para o SMP</b> .....	65
3.4	ANÁLISE DOS INDICADORES DA ANEEL.....	68
3.5	DIFERENÇAS ENTRE INDICADORES DA ANEEL E DA ANATEL.....	68
3.6	CLASSIFICAÇÃO EM DADOS, INFORMAÇÕES E INDICADORES.....	72
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	74
4.1	COMUNICAÇÃO REI.....	75
<b>4.1.1</b>	<b>Topologias de comunicação</b> .....	76
4.1.1.1	<i>Topologias aplicadas na Lógica Fuzzy</i> .....	77
<b>4.1.2</b>	<b>Tecnologias</b> .....	78
4.1.2.1	<i>Tecnologias aplicadas na Lógica Fuzzy</i> .....	80
<b>4.1.3</b>	<b>Meios</b> .....	81
4.1.3.1	<i>Meios aplicados na Lógica Fuzzy</i> .....	82
<b>4.1.4</b>	<b>Implementação do controlador para comunicação</b> .....	83

4.2	SERVIÇOS CONCEDIDOS PELO ESTADO.....	86
4.3	INDICADORES OPERACIONAIS DAS CONCESSÕES ENVOLVIDAS .....	86
4.4	ÍNDICES CORRELACIONADOS A PARTIR DA LÓGICA FUZZY .....	87
<b>4.4.1</b>	<b>A composição de indicadores</b> .....	<b>88</b>
4.5	INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL.....	89
<b>4.5.1</b>	<b>Considerações sobre os indicadores para criação de índices</b> .....	<b>90</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Detalhes da metodologia aplicada</b> .....	<b>92</b>
4.5.2.1	<i>Valor Unitário de Indicador (VUI)</i> .....	94
<b>4.5.3</b>	<b>Entradas para aplicação da metodologia</b> .....	<b>95</b>
4.5.3.1	<i>Classificação das variáveis analisadas</i> .....	96
4.5.3.2	<i>Agrupamentos da metodologia de análise de desempenho operacional</i> .....	99
<b>5</b>	<b>ÍNDICES E INDICADORES DA METODOLOGIA</b> .....	<b>101</b>
5.1	ÍNDICES E INDICADORES ESPECÍFICOS.....	102
<b>5.1.1</b>	<b>REI01 – Índice de estabelecimento e continuidade da conexão de dados</b> .....	<b>102</b>
<b>5.1.2</b>	<b>REI02 – Índice de garantia da taxa de transmissão contratada</b> .....	<b>104</b>
<b>5.1.3</b>	<b>REI07 – indicador de qualidade da infraestrutura de telecomunicações</b> .....	<b>106</b>
5.2	ÍNDICES DE MONITORAMENTO INSTANTÂNEO.....	108
<b>5.2.1</b>	<b>REI03 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções individuais</b> .....	<b>108</b>
<b>5.2.3</b>	<b>REI04 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções individuais</b> .....	<b>110</b>
<b>5.2.4</b>	<b>REI05 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções coletivas</b> .....	<b>111</b>
<b>5.2.5</b>	<b>REI06 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções coletivas</b> .....	<b>113</b>
5.3	INDICADORES INDIVIDUAIS DE TELECOMUNICAÇÕES.....	113
5.4	INDICADORES DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE.....	114
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>117</b>
6.1	CONTROLADOR PARA COMUNICAÇÃO.....	117
<b>6.1.1</b>	<b>Análise da infraestrutura de comunicação</b> .....	<b>117</b>
6.1.1.1	<i>Simulação de entradas no controlador</i> .....	120
6.2	ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL .....	122
<b>6.2.1</b>	<b>Índices e indicadores específicos</b> .....	<b>123</b>
6.2.1.1	<i>REI01 no estudo de caso</i> .....	123
6.2.1.2	<i>REI02 no estudo de caso</i> .....	124
6.2.1.3	<i>REI07 no estudo de caso</i> .....	125
<b>6.2.2</b>	<b>Índices de monitoramento instantâneo</b> .....	<b>126</b>
6.2.2.1	<i>REI03 no estudo de caso</i> .....	126
6.2.2.2	<i>REI04 no estudo de caso</i> .....	126
6.2.2.3	<i>REI05 no estudo de caso</i> .....	127
6.2.2.4	<i>REI06 no estudo de caso</i> .....	128
<b>6.2.3</b>	<b>Indicadores novos</b> .....	<b>129</b>
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	130
<b>7</b>	<b>APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EM CASO REAL</b> .....	<b>131</b>
7.1	APLICAÇÃO DOS DADOS REAIS.....	132
<b>7.1.1</b>	<b>Indicadores Anatel da região</b> .....	<b>133</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Indicadores Aneel na região</b> .....	<b>136</b>

7.2	APLICANDO OS DADOS NOS CONTROLADORES FUZZY .....	136
7.2.1	Índices e indicadores específicos .....	137
7.2.2	Agrupamento para monitoramento instantâneo .....	141
7.2.3	Agrupamento para satisfação do cliente .....	143
7.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	145
8	<b>CONCLUSÃO</b> .....	147
8.1	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES .....	148
8.2	TRABALHOS FUTUROS .....	148
8.3	PRODUÇÃO CIENTÍFICA.....	149
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	152
	<b>APÊNDICE A – QUADRO DE AVALIAÇÃO DE MÉTRICAS APRESENTADAS</b> .....	164
	<b>APÊNDICE B – SAÍDAS DOS CONTROLADORES PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL</b> .....	166
	<b>ANEXO A – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS SMP</b> .....	168
	<b>ANEXO B – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS SCM</b> .....	169
	<b>ANEXO C – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS STFC</b> .....	170



## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma metodologia para análise da qualidade da REI (Rede Elétrica Inteligente) estabelecida a partir da rede de Telecomunicações e da rede de Distribuição de Energia Elétrica. Para isso, usa os indicadores de desempenho operacional, atualmente praticados pelas agências reguladoras Anatel e Aneel, relacionando-os através da Lógica Fuzzy.

Com isso, foi estabelecido um novo conjunto de indicadores e índices que permitem o monitoramento dos serviços da REI a partir dos critérios atualmente adotados pelas agências reguladoras: Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) e Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), evoluindo o modelo atual onde as áreas estão totalmente separadas.

Associando redes elétricas e de Telecomunicações, o conceito de REI vem unindo comunicação de dados aos serviços de eletricidade. No Brasil, esses serviços são concessões públicas para a iniciativa privada, fiscalizadas e reguladas através das agências reguladoras governamentais. Neste caso específico, Anatel e Aneel mantêm o monitoramento dos serviços concedidos pelo Estado através de indicadores de desempenho operacional, ferramentas importantes que fornecem parâmetros avaliativos que permitem a observação do estado geral da operação a partir de dados reais, que refletem a prestação do serviço aos clientes. (DRUCKER, 1968) (BRASIL, 1996) (BRASIL, 1997) (GTME, 2008).

O foco do trabalho está nas redes de Distribuição de Energia Elétrica que vêm ganhando itens de automação e controles remotos que se utilizam dos serviços de Telecomunicações. A integração desses dois sistemas é necessária para compor uma REI efetiva e que garanta suas premissas básicas conforme Billinton, Ali & Wacker (2001) apresentaram e ainda hoje são corroboradas por IEEE *Communication Society* (2013): resiliência, confiabilidade, autoconfiguração, etc. Atualmente, o *IEEE PES Transmission & Distribution Committee* discute novos modelos para este tema. (IEEE, 2012) (IEEE, 2018)

Para monitorar e controlar as concessões públicas são usados indicadores de desempenho operacional, regulados através de regimentos ou normas que apontam as recomendações mínimas esperadas na operação regular do serviço (ANATEL, 2017a) (ANATEL, 2016) (ANEEL, 2015). Caso as empresas não cumpram as metas

estabelecidas podem sofrer sanções de acordo com cada regramento específico para o segmento e licença de operação que possuem.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Controlar e manter níveis de qualidade na prestação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica a partir do monitoramento de eventos em tempo real e observação de novas métricas de desempenho que interligam os cenários da rede elétrica com o de Telecomunicações.

A evolução das redes de Distribuição de Energia Elétrica para REI deve levar tecnologia de comunicação associada à eletricidade a todos os lares brasileiros. Para que isso ocorra, de forma coordenada e eficiente, é necessária uma infraestrutura de Telecomunicações para transporte das informações e suporte aos mais diversos serviços que poderão ser ofertados conjuntamente ao SEP (Sistema Elétrico de Potência), onde, nessa rede de comunicação, entrarão também os serviços originários de *Smart Homes* e *Smart Cities*. (MOCRIL, CHEN, & MUSILEK, 2018).

A integração dos serviços de Distribuição de Energia Elétrica e Telecomunicações, para formulação da REI, é necessária, mas suas convergências encerram-se nesse ponto. Suas agências reguladoras, Aneel e Anatel, possuem sistemas totalmente distintos para controle e monitoramento dos serviços prestados aos clientes. Este trabalho busca estabelecer relações entre estes serviços, a partir das métricas atualmente em uso, através de uma metodologia desenvolvida para estabelecimento de novos indicadores e índices de desempenho operacional que representem a inter-relação entre os serviços da rede elétrica e os serviços de Telecomunicações para a REI.

Para estabelecer o controle deste processo, entre as redes de Telecomunicações e de Distribuição de Energia Elétrica, é necessário detalhar:

- a) características físicas e lógicas de Telecomunicações;
- b) estruturas de comunicação para REI;
- c) serviços usados para Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica;
- d) ferramenta matemática relacional;
- e) indicadores operacionais alocados aos serviços utilizados.

Então, para desenvolver a metodologia foram estudados os requisitos para construção de indicadores e índices operacionais e verificados os que estão atualmente em uso nas áreas envolvidas. Assim, foi construída uma nova proposta de cálculo e avaliação dessas métricas aplicadas, além de novos indicadores e índices que relacionem Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica, caracterizando a estrutura e operação da REI.

Para a REI, espera-se que serviços de comunicação, automação e medição remotas, estejam diretamente associados à prestação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica e, com isso, acabem impactando os indicadores de continuidade e operação, sobretudo em redes tradicionalmente concebidas sem esses recursos (IEEE COMMUNICATION SOCIETY, 2013). O monitoramento integrado desses serviços agregados, através da metodologia proposta, deve permitir que o monitoramento ocorra de forma integrada para a REI brasileira.

No cenário atual existem inúmeras iniciativas isoladas, como cidades inteligentes e automações pontuais que visam testar tecnologias e ocupar pontos vantajosos às empresas que as estão utilizando, limitando o estudo a necessidades específicas (ALBINO, BERARDI, & DANGELICO, 2015). No entanto, as Telecomunicações fazem parte do cotidiano das empresas Distribuidoras de Energia Elétrica na:

- comunicação com as equipes de campo;
- medição de clientes remotos;
- comunicação interna entre os setores;
- execução de rotinas automáticas de envio e recepção de reparos;
- operação de equipamentos com telecomando remoto;
- outras aplicações inovadoras, etc.

Na medida em que os equipamentos evoluem tecnologicamente, a comunicação torna-se um aspecto mais relevante e significativo, com impactos na continuidade dos serviços de eletricidade. Na operação de religadores automáticos, por exemplo, em horários fora do período monitorado pela Anatel existe uma falta de garantias sobre a comunicação no período das 24 h do dia. Nesses casos de crescimento da automação na rede as empresas concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica precisam implementar controles internos, pois os indicadores operacionais da Anatel não registram paralisações na comunicação de seus

equipamentos e sistemas automatizados em horários fora do PMT (Período de Maior Tráfego) e PMM (Período de Maior Movimento). (ANATEL, 2018c) (ANATEL, 2016).

Num cenário nacional de comunicação integrada às redes elétricas, faz-se necessário obter uma metodologia capaz de avaliar as necessidades a partir do registro de eventos ocorridos, preferencialmente, em tempo real. Para isso, é proposta, como ferramenta matemática, a Lógica Fuzzy (KOSKO, 1996) e ferramentas da Estatística básica (BARBETTA, REIS, & BORNIA, 2010), para avaliar índices, indicadores e informações, extraídas em dados reais disponíveis.

A escolha da Lógica Fuzzy, como ferramenta relacional, ocorreu, pois, suas aplicações incluem a capacidade de unir dados provenientes de fontes distintas e avaliá-los de acordo com parâmetros previamente definidos. Isto sem a necessidade destes estarem totalmente completos, serem abrangentes e definitivos ou, mesmo, sido coletados de forma simultânea (ZADEH, 1973). Sua capacidade de integração de informações incompletas, com origens e formatos diferentes, mas com aplicação computacional efetiva foi decisiva na opção. Assim, foi possível criar uma metodologia com indicadores e índices de desempenho operacional, em mais uma aplicação dessa ferramenta matemática amplamente utilizada nas áreas de controle e otimização de processos de Engenharia.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Criar uma metodologia de análise de desempenho operacional através de indicadores e índices que integrem as redes de Telecomunicações e de Distribuição de Energia Elétrica, usando Lógica Fuzzy.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conceber novos indicadores e índices de desempenho operacional.
2. Estabelecer regras e funções da Lógica Fuzzy como ferramenta matemática para relacionar os indicadores e índices atuais e gerar novos.
3. Estruturar uma metodologia para análise de desempenho operacional da REI, através de indicadores e índices atuais.
4. Apontar os requisitos para implementação da análise de desempenho operacional.

5. Correlacionar os indicadores da Anatel e da Aneel, previamente selecionados, apontando divergências e semelhanças entre eles.

#### 1.4 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições deste trabalho foram:

- metodologia para análise de desempenho operacional para REI;
- conjunto de indicadores para análise complementar das condições da rede de comunicação estabelecida;
- conjunto de índices que avaliam as Telecomunicações em conjunto com a continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica;
- justificativa para proposta de um conjunto de indicadores individuais para Telecomunicações.
- análise computacional da infraestrutura de redes de comunicação;
- aplicação das pesquisas de satisfação dos usuários como balizador dos resultados para análise de desempenho operacional;
- associação de indicadores de controle de concessões de serviços públicos para compor nova metodologia para REI.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este capítulo apresenta o trabalho, seus objetivos e estrutura, de forma a situar o leitor na organização geral da obra. Na sequência é realizada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos que compõem a metodologia proposta: Telecomunicações e REI na Distribuição de Energia Elétrica, indicadores operacionais de desempenho, Lógica Fuzzy.

O terceiro capítulo contempla a análise dos principais indicadores operacionais aplicados às concessões de serviços públicos no Brasil para Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica, avaliando suas relações e divergências, além de classificá-los conforme recomenda a bibliografia para análise de desempenho operacional.

No quarto capítulo é proposta, então, uma metodologia para estabelecer um conjunto de métricas que permita efetuar o controle e monitoramento da REI, a partir dos indicadores operacionais de desempenho do serviço de Telecomunicações e do

serviço de Distribuição de Energia Elétrica, provenientes da regulação de Anatel e Aneel, respectivamente. Para isso, é utilizada a Lógica Fuzzy, como ferramenta matemática capaz de relacionar as informações que, porventura, sejam divergentes ou incompletas.

No quinto capítulo foram detalhados os índices e indicadores de desempenho operacional estabelecidos na etapa anterior. Informa-se sua construção a respeito das entradas para os fuzzificadores, regras (máquina de inferência) e saídas (defuzzificadores) para os resultados esperados a cada um deles e seus agrupamentos dentro da metodologia.

O sexto capítulo traz um estudo de caso aplicado a uma rede de comunicação estabelecida para REI a partir de um trabalho da Revisão Bibliográfica. Essa análise permitiu ajustar os controladores Fuzzy e verificar suas funcionalidades e resultados a partir das regras estabelecidas no capítulo anterior.

A partir desses resultados e ajustes foram aplicados dados reais para validar a metodologia. Foi escolhida a cidade de Sete Lagoas/MG (região da Cemig Distribuidora) por ser uma área que teve investimentos de P&D da Aneel para implantação da REI. Com as informações desse conjunto foi aplicada a estrutura metodológica proposta para validar seus resultados.

Por fim, no oitavo capítulo, ocorrem as conclusões do trabalho resumindo suas realizações e metas atingidas. São apresentadas possíveis implementações futuras da metodologia e citadas algumas publicações realizadas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para conhecer detalhadamente os conceitos envolvidos neste trabalho foram revisadas publicações a respeito, de forma a encontrar aplicações e estudos da área em indicadores de desempenho operacional, Lógica Fuzzy, redes de Telecomunicações e REI.

Através da análise de trabalhos acadêmicos na área de comunicação para REI percebe-se que aspectos como topologia, meios de comunicação, enlaces, características técnicas e operacionais para transporte das informações ocupam um espaço significativo (AMIN, 2012) (GÜNGÖR, et al., 2011) (KABALCI, 2016) (MOREIRA, 2014) (ULLAH, FAHEEM, & KIM, 2017). No entanto, mesmo em artigos referenciais, como Mincov (2013), que avalia requisitos para comunicação em redes inteligentes, o aspecto legal da concessão pública da Distribuição de Energia Elétrica por parte do Estado não é considerado. Para mudar esse cenário, propõe-se uma nova metodologia avaliativa com indicadores e índices operacionais, envolvendo as áreas de Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica.

Duas definições possíveis são apresentadas para REI no documento emitido em agosto de 2019 pela Aneel. (ANEEL, 2019, p. 7)

As redes inteligentes, do inglês *smart grid*, são um novo modelo de arquitetura de transmissão e distribuição de energia elétrica. Elas prometem ser mais inteligentes e mais seguras, evitando quedas e falhas de energia, pois as redes integram e possibilitam ações a todos os usuários conectados.

O *Smart Grid* é um sistema que automatiza não só o monitoramento, mas toda a gestão do uso de eletricidade [...]. Aliando tecnologia e automação de processos, equipamentos e protocolos, os sensores inteligentes são capazes de medir a qualidade da energia, proporciona o envio e recebimento de informações em tempo real, permite e um consumo de energia mais eficiente (Aneel, 2019, apud BORGES, 2018, p. 7).

Percebe-se, pelos conceitos apresentados o quanto estão interligados os serviços de Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica para que se possa caracterizar a prestação ao cliente/usuário seja caracterizada como REI (*Smart Grid*). Nesse sentido, a análise de desempenho operacional visa criar um monitoramento que facilite a automação dos processos envolvidos, em tempo real, com

complexidade de analogia a partir de índices compostos dos atuais indicadores, além de novas métricas individuais, melhorando a análise do conjunto.

## 2.1 INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL

Existem inúmeros estudos envolvendo indicadores operacionais, principalmente nas áreas de Administração. No entanto, a Engenharia vem empregando essas ferramentas em diversos sistemas, como na avaliação de manutenção (SCHUERGER, ARNO, & DOWLING, 2015), controle de qualidade (LEHNHART, 2016) (OLIVEIRA & PASSADOR, 2016), serviços estatais concedidos à iniciativa privada (EPE, 2016) (PANAJOTOVIC, JANKOVIC, & BORISLAV, 2011), controle de projetos (ZABEO & PIZZOL, 2011) (YAN et al, 2013), etc.

As análises realizadas pelos diversos trabalhos possuem focos delimitados por assuntos diferentes, mas um ponto comum: métricas capazes de transformar dados excessivamente técnicos em números que as qualifiquem, desvinculando o viés específico. Para Daronco (2014) a concepção de controle e gerenciamento de medidas numéricas envolve a organização de prioridades e uma hierarquia coerente que os coordene em subdivisões como indicadores, índices, dados brutos, etc. Sua tese propõe e aplica uma metodologia para avaliação e auditoria dos planos municipais de saneamento básico, compondo várias métricas em índices agrupados com detalhamento dos processos, agilizando a avaliação do todo.

A formatação de agências reguladoras para controle de serviços públicos concedidos é algo presente em vários países, para monitorar o efetivo cumprimento das regras de concessão e garantir um mínimo de qualidade na prestação do serviço através de indicadores operacionais de desempenho. Esses mecanismos não podem ser considerados como simples instrumentos de controle das ações a serem tomadas e, sendo assim, devem ser estabelecidos de maneira a deixar clara a ligação entre as ações a serem implementadas e a estratégia adotada para seu monitoramento (KAPLAN & NORTON, 1997).

Para entender a organização de indicadores de desempenho operacional, em sua matriz, é necessário discernir entre os tipos de informações e suas classificações.



### 2.1.1 Classificação das informações

Um índice pode ser simples ou ponderado, sendo dependente de seu propósito, sempre analisando a necessidade de facilitar a compreensão dos envolvidos (HARDI & SEMPLE, 2008). Nessa lógica, alguns conceitos são primordiais para o entendimento a respeito da formulação dos indicadores, conforme pode ser visto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Diferença entre dados, informações e indicadores

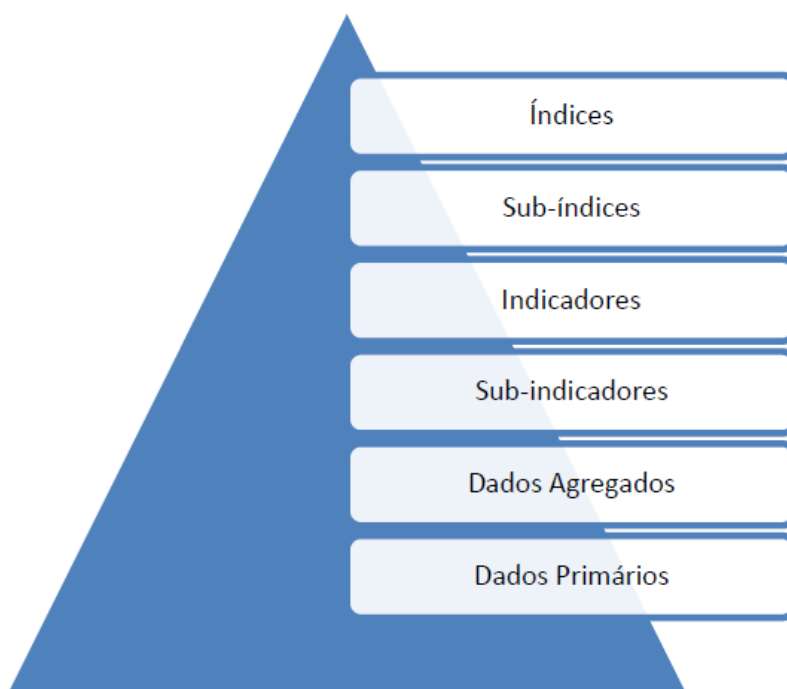
<b>DADOS</b>	<b>INFORMAÇÕES</b>	<b>INDICADORES</b>
Disponíveis para manipulação no banco de dados	Organizados e já manipulados em primeiro nível	Manipulados matematicamente através de fórmulas
Abundantes e armazenados em sua totalidade	Selecionados em formato de telas e/ou relatórios	Parametrizados através de gráficos lineares
Viabilizados através da coleta de dados	Viabilizados através de softwares	Viabilizados através de regras de contagem
Não tem foco	Foco abrangente e dispersivo	Foco no que é relevante

Fonte: (PAVANI & SCUCUGLIA, 2011)

O objetivo principal de um indicador consiste em agregar e quantificar determinadas informações de modo que sua significância torne-se atraente (BELLEN, 2007). Indicadores baseados em medidas numéricas têm a função básica de estruturar e dar informações sobre questões chaves e suas tendências consideradas relevantes para o desenvolvimento e planejamento de ações (SANTIAGO & DIAS, 2012). Indicadores são medidas numéricas e objetivas da eficiência e da eficácia de entidades gestoras, relativamente a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas (CYBIS & BENDATI, 2005).

Para Siche et al (2007) um índice é um dado mais pautado, proveniente da agregação de um grupo de indicadores, com finalidade de interpretar a realidade de um sistema. Já um indicador é utilizado, em sua maioria, como um pré-tratamento para dados originais. A Figura 2.1 apresenta a hierarquia proposta para os mais variados níveis de informação.

Figura 2.1 – Índices e indicadores



Fonte: (SICHE et al, 2007)

Então, além dos aspectos citados nos trabalhos anteriores, ainda é importante que as estratégias e objetivos estejam alinhados com os indicadores de forma que estes evidenciem, claramente, os fatores buscados. Conforme Munaretto (2015) os modelos de avaliação de desempenho operacional devem traduzir, na prática, a estratégia traçada. Assim, não basta ter apenas índices e indicadores, mas um método (modelo de avaliação) que permita integralizar os resultados apontados. O Quadro 2.1 apresenta os principais modelos de avaliação de desempenho a partir do século XX. Alguns são composições de outros e os mais recentes mostraram-se variações desta base. Esta compilação é uma amostra necessária para a concepção da metodologia elaborada neste trabalho.

Quadro 2.1 – Principais modelos de avaliação de desempenho

<b>Data da origem</b>	<b>Método de mensuração e avaliação de desempenho</b>	<b>Autores</b>
Início do século XX	Modelo Tableau de Bord	Engenheiros franceses
1950	Modelo de Martindell	J. Martindell
1954	Modelo da Administração por objetivos	P. Drucker
1970	Modelo de Buchele	R. Buchele
1986	Modelo de Corrêa	H. Corrêa
1951 (*) <sup>2</sup>	Modelo do prêmio Deming	<i>Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE)</i>
1987 (*) <sup>2</sup>	Modelo do prêmio Malcon Baldrige	<i>Foundation for the Malcon Baldrige Nacional Quality Award</i>
1988 (*) <sup>2</sup>	Modelo do prêmio europeu de Qualidade	<i>European Foundation for Quality Management</i>
1992 (*) <sup>1</sup>	Modelo do prêmio Nacional da Qualidade (PNQ)	Fundação para o prêmio Nacional da Qualidade
1990	Modelo <i>Balanced Scorecard</i>	R. Kaplan & D. Norton
1994	Modelo Quantum de Medição de Desempenho (MQMD)	Hronec
1997	Modelo Skandia <i>Navigator</i>	L. Edivinsson
1999	<i>Modelo Sustainability Scorecard (Sigma)</i>	<i>British Standards Institution/Forum for the Future Accountability UK. Department of Trade and Industry</i>
2000	Modelo <i>Value Explorer (VE)</i>	Andriessen & Tissen da KPMG Knowledge Advisory Services
2002	Modelo de Performance Prism (PP) – conjugação das potencialidades dos modelos existentes	Nelly, Adams e Crowe (2001) e Kennerley e Neely (2002)

Fonte: adaptado de (MUNARETTO, 2015) (NASCIMENTO, REGINATO, & LERNER, 2018)

Dentre estes vários modelos, apresentam-se alguns detalhes do modelo de Administração Por Objetivos (APO), de Drucker, por se assemelhar aos intentos da administração pública ao conceder serviços para exploração privada. Embora a APO defina que gestores e subordinados devam identificar em conjunto os objetivos comuns e os resultados a serem obtidos, esse modelo baseia-se nos objetivos, algo primordial na gestão de bens/serviços públicos. Conforme o próprio Drucker (1968), administrar uma empresa é muito mais que visar o lucro: deve-se equilibrar uma

<sup>1</sup> Refere-se aos prêmios relativos à administração da qualidade total.

variedade de necessidades e finalidades em todos os setores que pudessem vir a influenciar o negócio.

Além da APO, o modelo de Corrêa (MUNARETTO, 2015), conhecido como MADE-O, também merece certo destaque para este trabalho por abordar o impacto sob pesos específicos para cada item. Sua abordagem engloba a análise completa da empresa, seus serviços ou produtos. O autor mede vários objetivos a partir de pesos de forma que ao atingir plenamente os objetivos obtém-se a nota máxima no quesito. Para os casos sob análise, uma aplicação direta não seria propriamente indicada, mas seus princípios e orientações podem servir de base para a criação de índices que apontem novos rumos aos indicadores traçados pelas agências reguladoras dos serviços aqui analisados. Sobretudo, ao aplicar a Lógica Fuzzy é necessário utilizar a qualificação dos dados para efetivar seus patamares e estruturas a serem incorporadas no fuzzificadores e defuzzificadores.

Outra característica relevante é o fato das agências reguladoras, Anatel e Aneel, utilizarem-se de regulamentos específicos, com poucos agrupamentos de classificação. Para Drucker (1968): “o que pode ser medido pode ser melhorado”. Acrescentaria que medidas mais abrangentes permitem melhorias da mesma forma e fica claro que a ampliação das análises para grupos e índices estabelece métricas que evidenciam pontos obscuros em indicadores isolados.

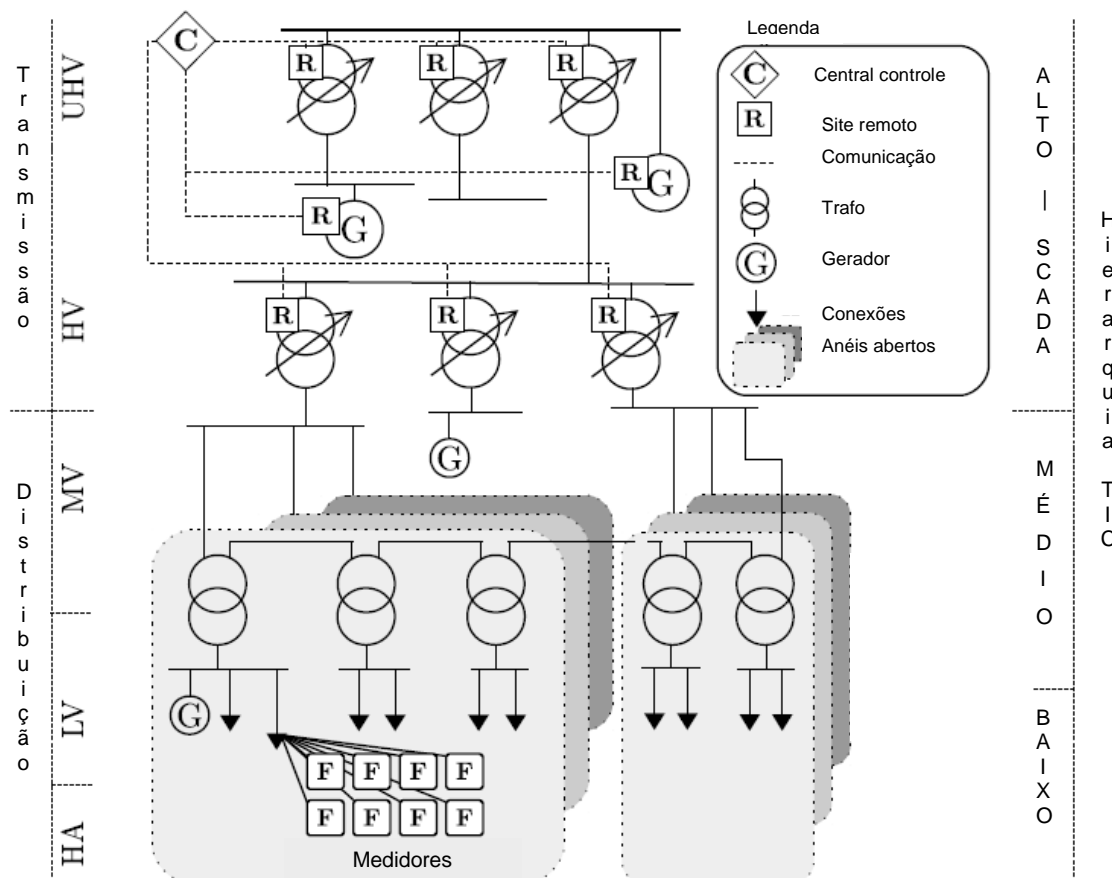
Assim, a partir desses conceitos, propriedades e etapas, percebe-se que os indicadores operacionais implementados obedecem metodologias organizacionais, em sua maioria, em detrimento de uma ferramenta matemática mais apurada, pois seu foco é o monitoramento de desempenho da característica específica a que se dedica, evidenciando a necessidade de concepção de subíndices e índices mais abrangentes.

## 2.2 COMUNICAÇÃO PARA REI

Uma REI possui muitos recursos integrados de forma a automatizar seus processos, agregando Telecomunicações e Tecnologia da Informação (TI) ao ambiente de SEP, Figura 2.2. No trabalho de Eder-Neuhauser, Zseby & Fabini (2016), montam uma topologia classificada por níveis, onde o mais baixo encontra-se no cliente, o médio nas subestações do sistema e o mais elevado no sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), que centraliza as informações

para uso em rede, pois esse é um programa muito difundido para aquisição e controle de processos de grande porte.

Figura 2.2 – Telecomunicações integrada ao SEP – Rede Elétrica Inteligente



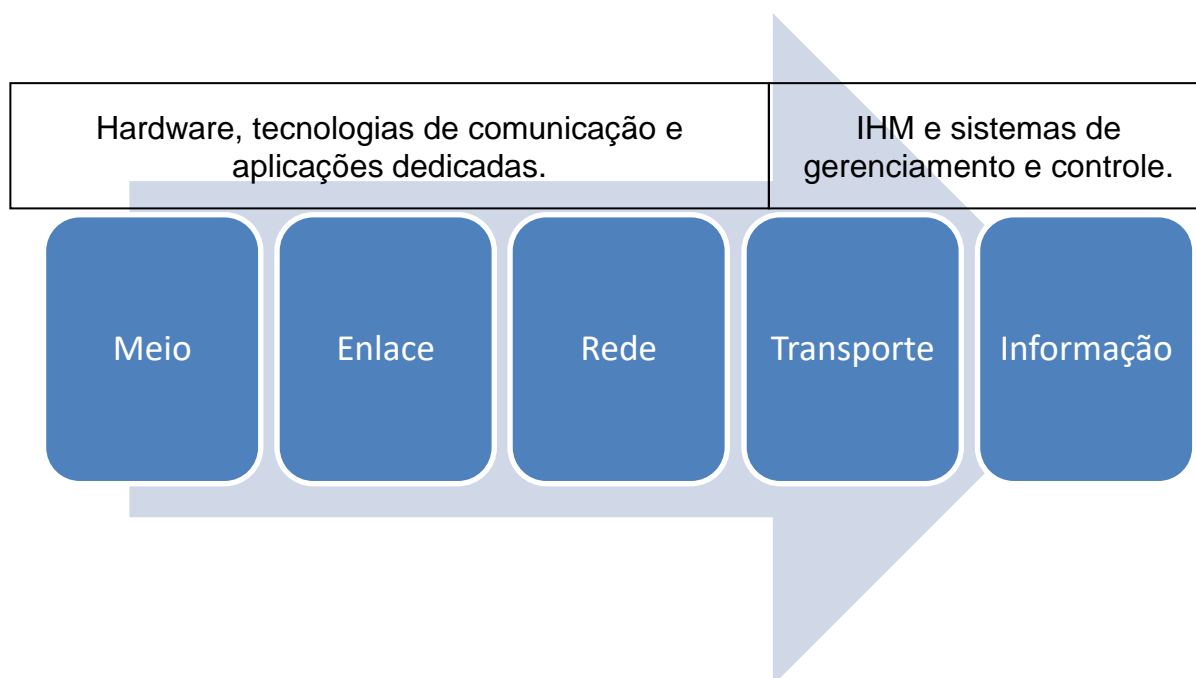
Fonte: adaptado de (EDER-NEUHAUSER, ZSEBY, & FABINI, 2016)

As Telecomunicações formam a base do sistema, englobando topologias de comunicação, hardware e software dedicados à continuidade da prestação do serviço. As TI, também chamadas TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), por sua vez, formam os protocolos e aplicativos (softwares) que interagem com o cliente e comunicam-se para sua estruturação correta. Por exemplo, o sistema de telefonia comutada realiza comunicação, mas não precisa, necessariamente, envolver TI. Por outro lado, as interfaces com clientes precisam ser cada vez mais amigáveis e capazes de interação, necessitando de melhorias na apresentação dos resultados e condições de uso do hardware disponível.

Para alcançar uma topologia de rede, com visão sistêmica de Telecomunicações, ainda existem outros requisitos importantes. A Figura 2.3

apresenta a hierarquia da comunicação apresentando a divisão entre as Telecomunicações e a TI, mostrando a partir do Modelo OSI, como a estrutura física se comporta e como a interface com o usuário se coloca. Percebe-se que os níveis mais baixos são mais associados ao hardware. Quanto mais evoluem na escala hierárquica, mais relacionados ao software vão ficando e mais interligados ao usuário final, como uma IHM (Interface Homem-Máquina), que permite a interpretação e, por vezes, a manipulação dos dados apresentados. (TANEMBAUM, 2006). Esta divisão é importante, pois este trabalho aplica-se diretamente às camadas inferiores, reguladas e fiscalizadas pela Anatel.

Figura 2.3 – Telecomunicações e Tecnologia da Informação



Fonte: do Autor

Para apresentar uma rede de Telecomunicações capaz de suportar os serviços da REI é importante conhecer mais sobre os sistemas de comunicação, suas características técnicas e peculiaridades operacionais.

### 2.2.1 Características relevantes para Telecomunicações

Para modelar as Telecomunicações mundiais, o ITU-T (*Institute Telecommunication Universal – Standardization Sector*) criou alguns parâmetros importantes para análise, tais como: escalabilidade, portabilidade e

interoperabilidade. O T (de ITU-T) designa os estudos de padronização, normalmente relacionados a grupos formados por especialistas em cada área (ITU-T, 2018).

A escalabilidade trabalha sob a ótica de que um modelo de equipamento deve ser escalável para permitir a produção continuada, com a mesma qualidade e menor custo possíveis. Dessa forma, garantiria a funcionalidade dos equipamentos a partir de um padrão estabelecido. A portabilidade, por sua vez, credencia o equipamento para que ele possa estabelecer-se sobre várias plataformas que forneçam parâmetros usuais para sua conexão e funcionalidade. Permitindo, assim, que a padronização seja estabelecida, inclusive, em locais distantes e com fins diferenciados. A interoperabilidade significa a capacidade dos equipamentos de se comunicarem de forma contínua, em ambientes diferentes, desde que sob uma mesma estrutura de protocolos padronizados (ITU-T, 2018).

Ao relacionar esses conceitos com o SEP percebe-se muita semelhança, pois formam base para que grandes redes de serviço não fiquem isoladas umas das outras e possam relacionar-se independentemente de fabricantes e equipamentos empregados.

A base para qualquer sistema de Telecomunicações é o Modelo OSI e suas camadas estão presentes em todos os sistemas dessa área, Quadro 2.2. Para Telecomunicações os níveis 5, 6 e 7 são compactados em um único, tratado como informação e protocolos de roteamento de pacotes. Nesse nível a TI terá suas principais implementações. A Figura 2.3 também mostrou essa estrutura sob outro enfoque.

Quadro 2.2 – Modelo OSI

<b>Camada</b>	<b>Nome</b>	<b>Observação</b>
1	Física	Meio de transmissão
2	Enlace	Interligação das pontas
3	Rede	Endereçamento físico, conexão
4	Transporte	Endereçamento lógico
5	Informações	Engloba os níveis 5, 6 e 7 para tecnologia da informação

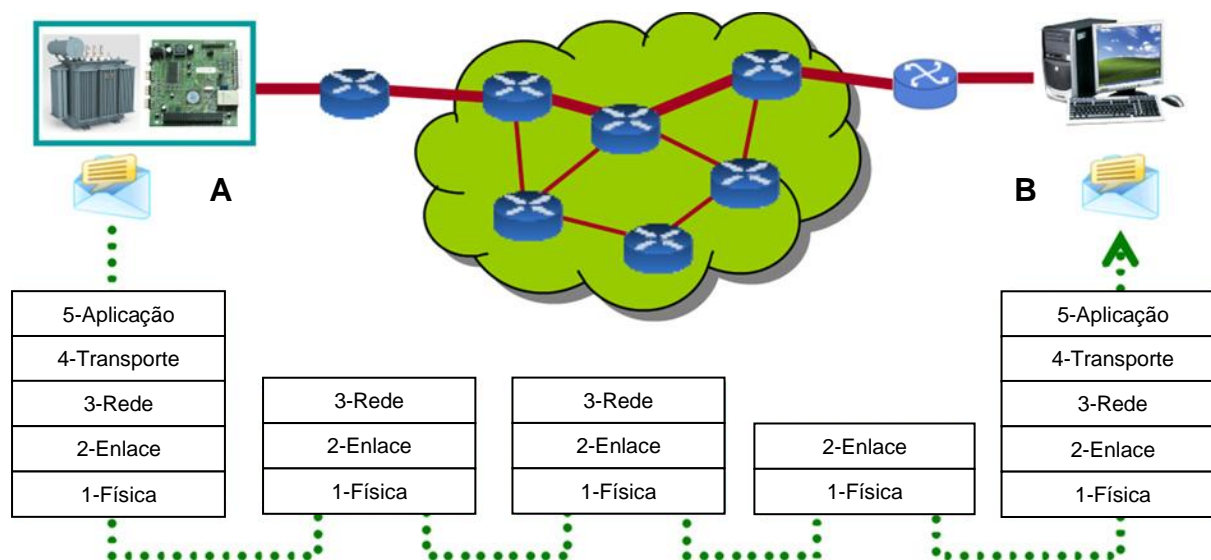
Fonte: Adaptado de (TANEMBAUM, 2006)

O Modelo OSI (TANEMBAUM, 2006) estabelece um padrão de níveis ou camadas hierárquicas de comunicação que auxiliam no estabelecimento e manutenção da circulação de informações entre os pontos. Esse modelo poderá ser analisado colocando que:

- o meio é o primeiro nível, caracterizado pela conexão física entre os pontos;
- o enlace é o estabelecimento de comunicação entre os pontos através do meio e caracteriza o segundo nível, endereçamento físico;
- o terceiro nível permite que ocorra, efetivamente, transferência de dados entre os pontos de conexão, rede, através do endereçamento físico;
- o nível quatro realiza a conexão efetiva e permite que o sistema troque mensagens entre os pontos de comunicação, endereçamento lógico.

O trabalho de Wang, Xu & Khanna (2011) apresenta uma topologia de rede onde são elencados todas as camadas utilizadas em cada etapa da comunicação, Figura 2.4.

Figura 2.4 – Mensagem na rede e as camadas envolvidas



Fonte: adaptado de (WANG, XU, & KHANNA, 2011)

Neste trabalho de Wang, Xu e Khanna (2011), apresentam-se as etapas que as mensagens das REI cursam e, muitas vezes, passam despercebidas com as conexões colocadas apenas entre os lados A e B da comunicação. Mas, ao observar a Figura 2.4 verifica-se que as etapas do Modelo OSI estão presentes e são partes



necessárias para ocorrer o transporte da informação, sobretudo em situações que necessitem de um grande volume de dados, garantindo envio e recepção (entrega).

Neste caso específico mostraram-se os níveis do Modelo OSI envolvidos em cada transferência de pacotes ao transitarem na rede. Percebe-se que as pontas (extremos A e B) é que necessitam das camadas de mais alto nível, enquanto as etapas intermediárias, inclusive a grande rede de transporte (backbone), utilizam até o terceiro nível para encaminhar as informações, caracterizando a influência das Telecomunicações, além das TIC.

#### *2.2.1.1 Tecnologias e conceitos importantes para formação de rede de transporte*

Algumas das principais tecnologias a serem estudadas são apresentadas a seguir com seus conceitos atualizados, a partir de Tanenbaum (2006), Anatel, Teleco (2005), Rodrigues et al (2017), Yan et al (2013), Wang, Xu, & Khanna (2011), Panajotovic, Jankovic & Borislav (2011), Güngör et al. (2011), Mocrii, Chen & Musilek (2018), Sharma & Saini (2017), Venkataramanan et al (2020), Weiqiang, Bingbing, & Wang (2020), Tsiropoulos (2014). Essas tecnologias, conceitos e ferramentas, da área de Telecomunicações, formam uma base importante em qualquer organização de rede de comunicação.

Os conceitos foram analisados nos cenários nacional e internacional, mas trazidos para a realidade brasileira de forma a contribuírem, significativamente, na organização do pensamento geral para responder a questão chave da tese: formular/desenvolver indicadores e índices que avancem nas áreas de Distribuição de Energia Elétrica e Telecomunicações, avaliando o desempenho da REI do Brasil. Assim, faz-se necessário esclarecer esses detalhes, pois são eles que a Anatel utiliza para formalizar suas licenças de concessão de serviços, posteriormente analisados pelos indicadores operacionais envolvidos.

#### *2.2.1.2 Termos gerais*

**Autorizada** – pessoa natural ou jurídica que, mediante autorização, explora o serviço.

**Banda estreita** – tecnologias que requerem baixa velocidade de comunicação do canal, da largura de banda.

**Banda larga** – tecnologias que requerem alta velocidade de comunicação do canal, da largura de banda.

**Backbone** – espinha dorsal da rede de Telecomunicações, também conhecida como rede de transporte com alta densidade ou volume de informações ou dados.

**Backhaul** – conexão final do Backbone com derivação para as conexões dedicadas aos clientes em menor capacidade de largura de banda.

**Canalização** – os canais de comunicação são divididos de acordo com cada serviço utilizado na faixa especificada e sua necessidade de largura de banda. A canalização é a padronização dessas frequências para apontar o ponto de ajuste dos rádios transmissores e receptores, além da faixa que podem ocupar para a comunicação.

**Diversificação** – existem dois tipos básicos: de meios, onde um mesmo ponto pode comunicar-se com a rede através de duas conexões distintas como fibra ótica e ar; e, de frequências, onde dois rádios operam a mesma comunicação em enlaces distintos pelas frequências de canal central de cada um.

**Download** – transferência de dados do servidor para o equipamento do cliente.

**Estação ou Nó** – unidade básica de comunicação com toda a infraestrutura necessária para realizar sua função na rede de Telecomunicações.

**Interconexão** – é a ligação entre redes de Telecomunicações funcionalmente compatíveis, de modo que os clientes de serviços de uma das redes possam comunicar-se com os de outra, ou acessar serviços nelas disponíveis.

**IP (*Internet Protocol*)** – protocolo de internet usado nas conexões das redes de comunicação Ethernet.

**Largura de banda** – pode ser tida como a capacidade do canal em passar informações. Quanto maior, mais faixa de frequência ocupa e mais informações pode transportar no canal.

**Prestadora** – pessoa jurídica que, mediante autorização, presta o serviço específico.

**Proteção física** – conceito ligado à diversificação e topologia que auxilia na forma de prever falhas e garantir a efetividade da comunicação.

**Repetidora** – estação destinada a amplificar (regenerar) sinais de radiofrequência recebidos de canais específicos de uma determinada Estação, transmitidos para outra Estação e vice-versa.

**Topologia** – forma como a rede organiza-se para efetuar a comunicação, determinando diretamente como se dará a proteção física de meios.

**Topologia em anel** – tipo de organização de rede onde existem dois pontos distintos para alcançar qualquer nó, garantindo diversificação de meios.

**Topologia em barramento** – tipo de organização de rede onde existe apenas um caminho entre os dois pontos extremos e perda de pontos intermediários causa parada total das conexões posteriores.

**Topologia em estrela** – tipo de organização de rede onde o sistema principal de comunicação tem um canal dedicado com cada nó. Ao perder o ponto principal, perde-se a rede completa.

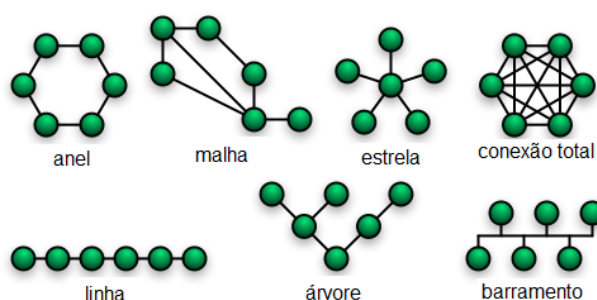
**Upload** – transferência de dados do equipamento do cliente para o servidor da internet.

### 2.2.1.3 Topologias

A rede de transporte, ou backbone, deve manter todo o tráfego de informações em todos os momentos. Sua topologia pode obedecer as principais, e mais comumente utilizadas, organizações conhecidas (IEC-SG3, 2010), como: estrela, anel, barramento, etc.

A Figura 2.5 apresenta algumas dessas estruturas, resumindo as principais topologias de backbone aplicadas a Telecomunicações e verificadas em outros trabalhos analisados. (FAMILUA, 2019) (ULLAH, FAHEEM, & KIM, 2017) (RODRIGUES et al, 2014).

Figura 2.5 – Topologias de rede de Telecomunicações

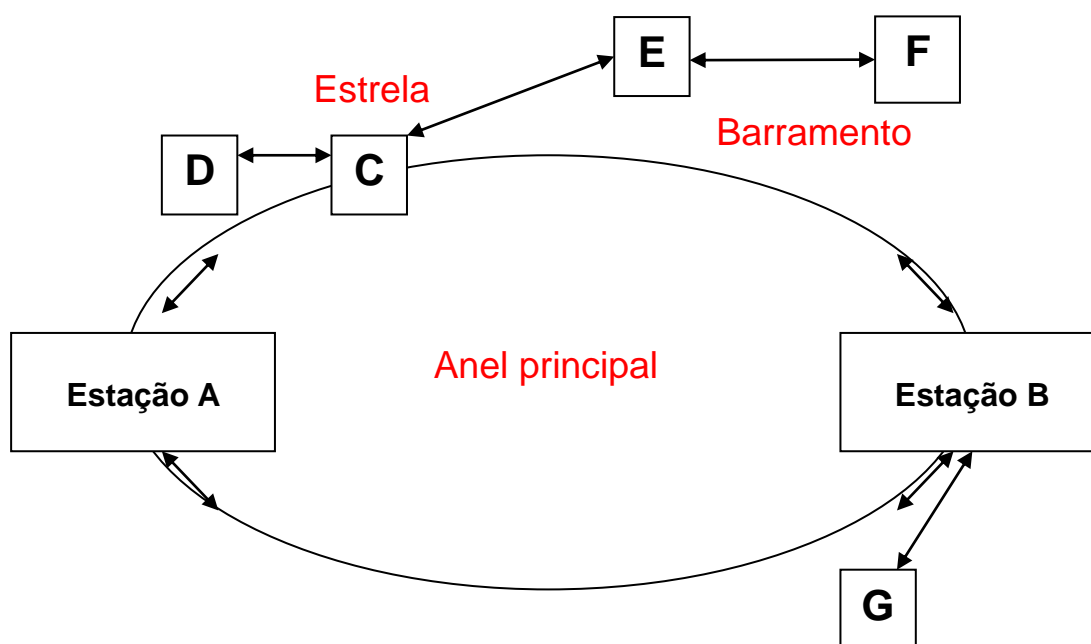


Fonte: adaptado de (TANEMBAUM, 2006)

Verifica-se que as estruturas de base são: anel, barramento e estrela, sendo as demais variações destas. Normalmente acaba-se por utilizar uma topologia híbrida, combinando várias e somando algumas características específicas de cada uma, colaborando de forma positiva ou negativa, como avaliado posteriormente, para a estabilidade da rede.

A Figura 2.6 apresenta um exemplo de topologia para rede, com várias conexões possíveis, de forma híbrida e similar à Figura 2.5, que mostra as formas genéricas de configuração. Esse exemplo ressalta a importância de conhecer a estrutura do sistema de Telecomunicações para estabelecer um sistema estável e confiável para REI.

Figura 2.6 – Exemplo de topologia de rede de transporte



Fonte: do Autor

Nesse exemplo, percebe-se que os pontos A e B são estações maiores e acessam os extremos do anel, transportando a grande densidade de informações como backbone. A estação C conecta D e E, em estrela. Esta, por sua vez, conecta F como barramento, bem como B o faz com G. Essa organização mostra que a topologia implementada acarreta um nível maior ou menor de confiança na comunicação, algo que será avaliado pelos indicadores posteriormente desenvolvidos.

Baseando-se no Modelo OSI e outros conceitos apresentados, pode ser observado que a topologia adotada na malha principal é anel. Assim, há a diversificação de meios, caracterizando proteção física do enlace, para permitir conectividade entre as estações A e B por dois caminhos distintos. Esse meio pode ser ar, cabos, fibra ótica ou outro qualquer que permita o transporte das informações. Por exemplo, para um rendimento de 100% cada lado do anel deve ser capaz de transportar todo tráfego gerado pelo conjunto, ou seja, no máximo deve estar carregado com 50% de sua capacidade máxima no período.

Essa configuração fornece proteção lógica, que compreende a proteção interna dos equipamentos permitindo que exista redundância de operação do hardware e sistemas de software capazes de usar essa característica de forma operacional. Além disso, também apresenta proteção física, que é a própria estrutura de operação da topologia adotada.

Assim, para anel, por exemplo, é possível obter 100% do tráfego por cada ponto de conexão, garantindo fisicamente o sistema em modo operacional. Já em estrela, o sistema possui um ponto central de onde derivam as demais conexões, sendo que ao perder esse ponto, perde-se toda conectividade da rede. Em barramento, por fim, qualquer rompimento causa perda da rede subsequente, no mínimo.

Conforme o roteiro de padronização do IEC (*International Electrotechnical Commission*) (IEC-SG3, 2010), as comunicações devem atender todas as normas, novamente reforçando a necessidade de criar padrões que permitam a integração das redes e compartilhamento de infraestrutura para melhorar a comunicação e estabelecer o sistema com confiabilidade e segurança. A partir dessa e outras referências como Ahangar, Abyaneh & Gharepetian (2015), Albino, Berardi & Dangelico (2015), Telecomunicações (2015), Anatel (2017a), Meng et al (2019), é possível montar uma estrutura confiável para uma rede de Telecomunicações que supra as necessidades de uma REI. Em outro trabalho de Ahangar & Abyaneh (2016) os autores ampliam sua análise de topologias e criam uma metodologia própria para construção de uma rede eficiente e segura. Sua análise é focada na interdependência dos elementos formadores da rede e como a topologia aplicada pode melhorar suas funcionalidades e aplicações.

A partir desse modelo ilustrativo de infraestrutura da Figura 2.6 é possível montar partes iniciais com intuito de construir a rede completamente. Nem sempre

os nós mais distantes, e de menor prioridade, devem ser atendidos por anel, podendo formar outras topologias parciais. Nesses casos de barramento ou estrela e ainda pode ocorrer a diversificação de meios lógicos, com sistemas paralelos de comunicação para estabelecer permanentemente o enlace entre as estações. (KRZYSZTOF et al, 2017).

#### *2.2.1.4 Meios de comunicação*

A partir do estabelecimento de uma topologia de comunicação é importante escolher adequadamente os meios por onde as informações trafegam, ou seja, a camada física que transporta os dados ao interligar os pontos designados (IEEE COMMUNICATION SOCIETY, 2013). A partir do Modelo OSI apresentado pode-se destacar que a camada física pode ser fibra ótica, par metálico, ar, etc.

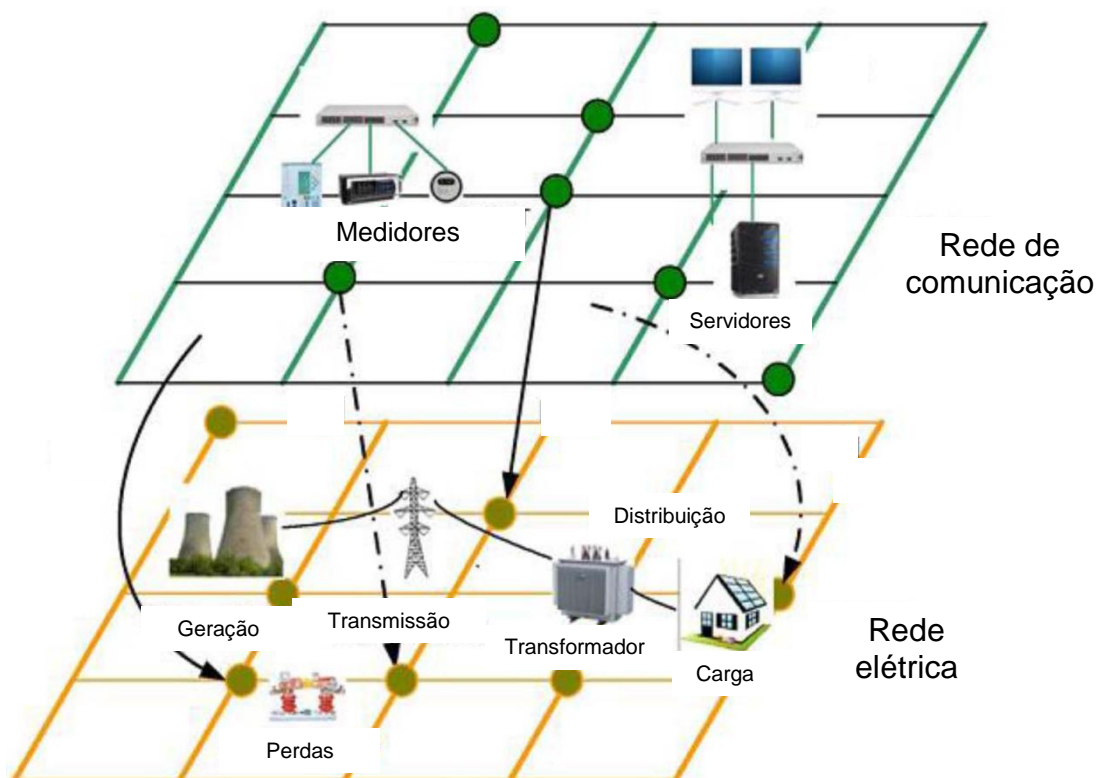
A diversificação de meios é uma técnica também empregada para garantir a comunicação, usando estruturas diferentes que dividam o tráfego de informações. Por exemplo, para sistemas de radiofrequência pode-se usar dois rádios distintos, compartilhando o meio ar, mas diversificando o enlace (conexão) entre A e B. Variações com outros meios também podem compor esses aspectos. (IEEE COMMUNICATION SOCIETY, 2013).

### **2.2.2 Tecnologias**

Apresentar as principais tecnologias capazes de atender às demandas de serviços da REI é uma das principais ações necessárias para este estudo e vêm sendo pesquisadas por muitos autores. (RODRIGUES et al, 2014) (ALAM et al, 2017) (FAMILUA, 2019).

A proteção lógica trata da separação das redes e critérios de prioridade que permitam a continuidade do serviço, mesmo sob condições não ideais. Quanto à proteção física, são ações prévias de diversificação de meios e configurações de hardware que permitam, no mínimo, a duplicidade dos caminhos para escoar as informações, garantindo a comunicação. No trabalho de Ahangar, Abyaneh & Gharepetian (2015) surge uma estrutura de rede que aplica os conceitos anteriores, Figura 2.7.

Figura 2.7 – Redes distintas para Telecomunicações e SEP



Fonte: adaptado de (AHANGAR, ABYANEH, & GHAREPETIAN, 2015)

A segurança em infraestrutura de Telecomunicações, camadas 1 a 3 do Modelo OSI, foram encontradas em alguns poucos trabalhos observados. (RODRIGUES et al, 2017) (MA, YANG, & LIU, 2015) (SILVEIRA, PEDRO, & URSINI, 2019). Alguns autores, por outro lado, descrevem sistemas complexos de protocolos para configuração segura das REI, mas esses sistemas não abordam claramente as topologias básicas de rede, como diversificação de meios e enlaces, ou seja, não tratam a estrutura básica que sustentará o tráfego de informações do sistema, trabalhando na hierarquia superior de TI e abandonando os níveis de Telecomunicações. (GUNES, YUKSEL, & CEKER, 2015) (ALAM et al, 2017) (LAVERTY et al, 2010).

### 2.2.3 Operação do COD e as REI

Algumas tecnologias citadas por diversos autores, como em Heger, Vodraska & Kocur (2015), Kemal, Ceocca & Olsen (2016), Hua Shi, Li & Gulliver (2013), Familua (2019), não requerem licenças e regulação de Telecomunicações pela Anatel, mas a topologia requer, em algum momento, concentradores que necessitam

de banda larga ou radiocomunicação, com licenciamento específico devidamente emitido, como forma de operar com garantias de comunicação.

Os aspectos de controle e gerenciamento de indicadores para as concessionárias de energia são determinantes para sua saúde financeira e manutenção da concessão de operação (ANEEL, 2017a). Como o modelo de centralização está se espalhando, nesse setor, todo Centro de Operação de Distribuição (COD) possui uma central de telecomandos, ao menos, para acionamentos remotos e sinalização de falhas em tempo real, além do contato direto com as equipes de campo. (SILVA, 2011).

O nível de comunicação entre o COD e as unidades de trabalho remotas apresenta criticidade elevada com reflexo nos indicadores de continuidade e foram estudados os requisitos para apresentar propostas condizentes com a inter-relação entre sistemas telecomandados e indicadores de qualidade/continuidade do serviço da rede. Com o incremento de sistemas telecomandados pelas concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica, a hipótese a ser investigada é que parte das paralisações ocorra por perda de comunicação entre o COD e os telecomandos remotos, gerando acionamentos aos técnicos de campo e/ou retardos na efetiva correção do problema, o que acaba impactando diretamente no indicador de continuidade do serviço. Ao avaliar os dados internos e contrapor com os indicadores da Anatel para comunicação, comprovou-se a hipótese. (CHEN et al, 2020) (ZHOU et al, 2020)

Para atingir níveis de comunicação que apresentem tempo de disponibilidade elevado, de acordo com as normas do setor, sendo necessário conhecer os detalhes de meio, enlace, largura de banda requerida, capacidade do canal, protocolos suportados e requeridos, licenças, etc. Com isso, se determinam as melhores topologias de rede (tanto Telecomunicações quanto Distribuição de Energia Elétrica) e os indicadores de desempenho adequados para o controle da operação pelo COD.

#### **2.2.4 Serviços concedidos pela Anatel e utilizados nas concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica**

As empresas concessionárias e permissionárias do serviço de Distribuição de Energia Elétrica utilizam vários serviços de comunicação que dependem da Anatel. Muitas vezes até desconhecem a verdadeira natureza do serviço, mas ele é de



suma importância para a correta realização de suas atividades rotineiras. A seguir são apresentados alguns desses serviços.

O SLP (Serviço Limitado Privado) é utilizado, em grande parte das concessionárias/permissionárias, como ferramenta de contato com equipes de operação e manutenção. Sua operação requer licença específica, abrange canais com pequena largura de banda (10 a 20 kHz), operação half-duplex e alcance de até 50 km. No entanto, sua operação é pouco fiscalizada e não existem indicadores operacionais monitorados pela Anatel. Sua entrada no processo ocorre a partir da ocupação simples do sistema e do nível de eficiência operacional pretendido pela empresa concessionária da Distribuição de Energia Elétrica. (ANATEL, 2013)

Quanto ao SMP, é uma rede complexa e interligada para comunicação de voz e dados através do ar (telefonia móvel), podendo auxiliar no processo tanto para as equipes de campo, em operação e manutenção, quanto para a comunicação de equipamentos telecomandados e outros serviços de banda larga ou estreita. Suas peculiaridades trazem vantagens e desvantagens ao processo interligado do serviço de Distribuição de Energia Elétrica (MENG et al, 2019).

Como vantagens, podem-se citar:

- rede abrangente,
- várias empresas operando o sistema nos mesmos locais,
- indicadores específicos e monitorados constantemente,
- metas e atributos consolidados para a concessão e manutenção da licença de operação por parte da empresa fornecedora do serviço.

As desvantagens vêm na mesma linha das vantagens, mas se pode citar:

- muitos pontos de sombra ou áreas sem cobertura de sinal,
- empresas operadoras compartilham torres e infraestrutura causando paradas simultâneas na operação,
- indicadores pouco abrangentes no contexto geral e não individualizados,
- índices não consolidados para avaliação efetiva da qualidade integrada da operação do sistema de telefonia móvel.

O SME (Serviço Móvel Especializado) é outra modalidade de uso de licença Anatel para radiocomunicação (ANATEL, 2005). Sua intenção é fazer um misto entre o SMP e o SLP, de forma que o cliente tenha uma rede privada, mas comunique-se com as demais redes de SMP e STFC (Serviço de Telefonia Fixa Comutada), via

interconexão de sistemas de comunicação. No entanto, como a autorizada deste serviço pode comercializá-lo a seus clientes de forma exclusiva, o mesmo pode ser uma alternativa. Além disso, sua área de cobertura é menor que o SLP, necessitando de muitas repetidoras para sua operação. Caracteriza-se por aplicações em condomínios e áreas fechadas.

Sistemas de comunicação via satélite também ocupam uma largura de banda pequena (10 a 20 kHz) e uma demora na efetivação da comunicação (latência) devido, principalmente, à distância entre o ponto A e o ponto B. Em sua grande maioria, esse tipo de sistema é utilizado para operação e manutenção em locais remotos e seu custo é elevado, embora esteja presente em todo território, praticamente, e que possibilite uma visada (linha) direta com o satélite em órbita. Sua colocação no processo também se dá a partir da necessidade da concessionária em lugares remotos ou garantia de contato em momentos de ineficácia de outros meios. No processo de avaliação não possui uma fiscalização efetiva e sua aplicação é como cliente normal, sem licença específica. (DESCHAMPS et al, 2016).

O SCM (Serviço de Comunicação Multimídia), por sua vez, é uma licença pouco explorada pelas empresas concessionárias, mas permite a liberação da operação de sistema de banda larga, comercializando como fornecedor de serviços desta espécie. É uma licença que agrega mais uma forma de renda para a empresa e traz para seu controle as atividades de conectividade requeridas para operação e manutenção de suas equipes de campo, bem como seus equipamentos telecomandados. A disponibilidade da comunicação pode ser via ar ou fibra ótica e as velocidades vão sendo ampliadas conforme a demanda necessária. (ANATEL, 2020a)

Esta entrada do SCM abrange desde a possibilidade de agregar valor à sua infraestrutura até ser um simples cliente da comunicação, contratando uma empresa fornecedora do próprio serviço. Para uma REI este fator acaba tornando-se imprescindível e a conexão no processo também o é. Sua fiscalização e controle ocorrem mediante grupo de indicadores específicos, que farão parte do processo de avaliação conforme cada caso. O problema é que as empresas com menos de 50.000 conexões não precisam recolher esses indicadores para a Anatel. (ANATEL, 2011a).

A Tabela 2.2 apresenta um resumo dos serviços de Telecomunicações usados pelas empresas do setor elétrico brasileiro e como afetam a operação da rede de energia elétrica, conforme informações de Cooperativa de Energia pesquisada por Munaretto (2015) em sua tese para compor indicadores operacionais específicos e como estes influenciam na operação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica, além dos dados apresentados neste trabalho.

Tabela 2.2 – Serviços de Telecomunicações na Distribuição de Energia Elétrica

<b>Serviço Telecomunicações</b>	<b>Requer licença</b>	<b>Uso na rede elétrica</b>	<b>Impacto operacional</b>
SCM	SIM	Comunicação	Baixo
SMP	NÃO	Comunicação com equipamentos e voz entre pessoas	Médio
SLP	SIM	Comunicação com equipes de manutenção e alguns equipamentos	Alto
STFC	NÃO	Comunicação de voz entre pessoas	Baixo
Internet	NÃO	Comunicação entre os equipamentos	Médio

Fonte: do Autor

Percebe-se que foram elencados como baixo, médio e alto os impactos operacionais dos serviços de Telecomunicações usados pelas empresas do setor elétrico. Essa classificação baseou-se em experiência dos operadores de COD a partir do uso das ferramentas em cooperativas de eletrificação rural do RS, principalmente. Ou seja, as tecnologias (ou licenças da Anatel) que envolvem ações de impacto mais relevantes à Operação e Manutenção dos sistemas elétricos tiveram suas prioridades elencadas como mais elevadas e vice-versa.

### **2.2.5 Considerações sobre os conceitos de Telecomunicações apresentados**

A evolução das tecnologias de comunicação traz uma dificuldade em encerrar o assunto. Mas, conceitualmente, é possível assimilar que os apresentados podem formar uma base sólida para permitir as argumentações posteriores na análise dos indicadores e suas aplicações inerentes. Algumas dessas formulações conceituais são aplicadas de forma distintas entre o cenário internacional e nacional, como, por exemplo, o backhaul: internacionalmente há uma união entre esse conceito e backbone (MATARAZZO & SILVEIRA, 2004) (HUA SHI, LI, & GULLIVER, 2013),

percebido em várias análises das publicações, mas, no Brasil, os conceitos são diferentes e formulados pela própria Anatel na sua regulação. Para este trabalho foi adotada a conceituação brasileira como padrão (ANATEL, 2017a).

Outra diferenciação importante na análise da comunicação para REI é entender que Telecomunicações e TI são camadas distintas da rede, como visto anteriormente. Assim, basicamente, se pode afirmar que o primeiro conceito abrange as primeiras 4 camadas do modelo OSI e o TI as camadas seguintes 5, 6 e 7 com protocolos e roteamentos, mais concentrada em software e no usuário.

Internacionalmente, há um conceito dominante de ICT (*Information and Communication Technologies*) que engloba todo sistema de TI e Telecomunicações aplicado à REI. Essa é uma associação interessante e esclarece sobre as camadas de comunicação necessárias a este processo. (PANAJOVIC, JANKOVIC, & BORISLAV, 2011) (LAVERTY et al, 2010) (MINCOV, 2013).

O Grupo de Trabalho para REI do Brasil, em 2008 publicou um relatório atendendo várias questões inerentes ao andamento do processo (GTME, 2008). Nesses mais de 10 anos houve evolução nas pesquisas, mas esse estudo serve de base para o sistema. Além disso, os aspectos direcionados à medição inteligente (*Smart Metering*) (KABALCI, 2016) e telecomandos estão avançando mais rapidamente, no que diz respeito à automação, do que às demais etapas requeridas. Com isso, protocolos e técnicas de comunicação estão sendo empregadas e associadas, de acordo com as tecnologias pontualmente adquiridas ou disponibilizadas pelas concessionárias. (SOUZA & DEUS JUNIOR, 2012).

O estudo detalhado das tecnologias, topologias e meios disponíveis e em uso nas REI pode caracterizar alguns parâmetros importantes para operação do sistema, de acordo com o ITU-T e suas diretrizes (padrões) internacionais de comunicação, conceitualmente apresentados anteriormente:

- continuidade e fidelidade;
- interoperabilidade;
- escalabilidade;
- estabilidade.

Conhecer esses critérios permitiu entender a aplicação do modelo de análise de indicadores de desempenho operacional atualmente adotados pela Anatel e propor novas composições.

### 2.3 LÓGICA FUZZY

A Lógica Fuzzy possui um histórico vasto de aplicações na bibliografia, indo desde associação de conjuntos até a inteligência artificial. Sua estrutura é baseada na teoria criada por Zadeh (1965) (1973). Sua grande força reside na capacidade de analisar situações com dados incompletos, ambíguos ou vagos, assemelhando-se ao raciocínio humano, aplicando em sistemas computacionais a capacidade de analisar situações nem totalmente falsas (0), nem totalmente verdadeiras (1), como a lógica digital tradicional faria. A Equação 2.1 apresenta o conceito lógico básico.

$$\begin{aligned} X \text{ é } A \\ A \subset B \\ \text{Então: } X \text{ é } B \end{aligned} \tag{2.1}$$

Essa estrutura contempla a lógica clássica de premissa, argumento e conclusão. A aplicação da teoria dos conjuntos cria regras específicas que vão associando numericamente as grandezas sob análise. Na Equação 2.2 é apresentado um exemplo relacionado a esta estrutura (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019).

$$\begin{aligned} F &= \{x \in R: x \text{ é próximo de } 10\} \\ \mu F &= R \rightarrow [0,1] \\ \mu F(x) &= \begin{cases} (1 - |x - 10|), & x \in [9,11] \\ 0, & x \notin [9,11] \end{cases} \end{aligned} \tag{2.2}$$

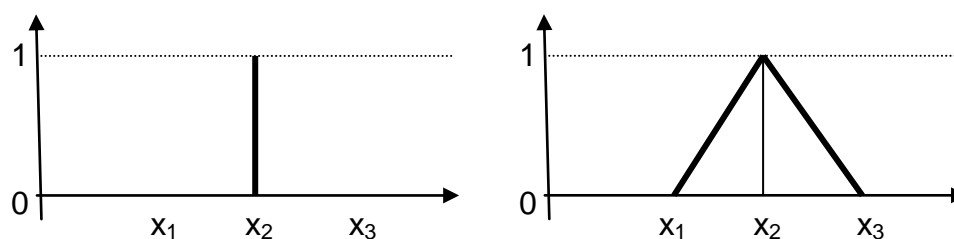
Onde:

$F$  é a função que descreve o conjunto ou universo do discurso.

$\mu F$  é o subconjunto que aproxima a associação.

O ajuste de um valor no grau de pertinência da função na estrutura Fuzzy pode ser associado ao aspecto da Figura 2.8, apresentando dois gráficos com relação a um mesmo número, na forma clássica e de acordo com a lógica difusa. Da Equação 2.2, considere que  $X_2$  é o número 10,  $X_1$  é 9 e  $X_3$  é 11.

Figura 2.8 – Grau de pertinência de um número clássico e um Fuzzy



Fonte: do autor

Os valores entre 0 e 1 apresentam o grau de pertinência da função e no primeiro gráfico o valor  $X_2$  pertence totalmente, pois é ele mesmo. No segundo gráfico foi estabelecida uma relação de aproximação. Assim, ao alcançar  $X_1$  é iniciado um grau de pertinência, que é máximo sobre o ponto e vai diminuindo até  $X_3$ , onde volta a ser nulo.

Alguns trabalhos mais recentemente publicados apresentam utilidades variadas para a Lógica Fuzzy, empregando-a em situações diversas, o que comprova sua capacidade adaptativa, desde que devidamente estruturada em suas regras. A Conferência IEEE sobre sistemas Fuzzy, em 2018, apresenta um resumo de aplicações desta ferramenta. Alguns destaques são apresentados a seguir.

No trabalho de Rhuggenaath et al (2018) a Lógica Fuzzy é aplicada na tomada de decisão, associada à lógica de programação inteira (KAGAN et al, 2009) para analisar níveis hierárquicos em forma de árvores.

Aplicando Fuzzy associada com GSO (*Galactic Swarm Optimization*), Bernal et al (2018) mostram que essa ferramenta contempla associações diversas, permitindo sua integração com outras ferramentas computacionais. A questão principal é que ela acelera o processo de otimização e, neste caso, o faz em 10 das 15 funções testadas pelo método que batizaram de FGSO (*Fuzzy Galactic Swarm Optimization*). Nessa linha Reddy (2014) faz diversas análises de exames de sangue e dados corpóreos da pessoa para tomar as decisões sobre os resultados, classificando-os em alto, normal e baixo a partir da aplicação de diversas técnicas Fuzzy para dados incompletos a partir de inferências associadas.

Na publicação *Fuzzy Sets and Systems* 352 (2018), autores como García, Lai & Shen (2017) relacionam as regras da Lógica Fuzzy com outros parâmetros criando um regramento matemático complexo. Zadeh (1971) em um de seus artigos de base desta teoria destaca as relações de similaridade nos ordenamentos Fuzzy,

sinalizando que suas aplicações poderiam ser integradas em diversos sistemas organizados matematicamente e classificados adequadamente. Resumidamente, sua aplicação permite relacionar as entradas a partir de inferências adotadas, simulando o raciocínio humano, mas mantendo a implementação computacional.

As aplicações clássicas desta ferramenta apresentam trabalhos organizados a partir de conceitos qualitativos como: ruim, bom e excelente, apresentando situações de tomada de decisão, baseadas em alguma geometria que caracterize o problema em sua forma de atuação real. As formas geométricas mais utilizadas são triângulos, trapézios e distribuições gaussianas (CAVALCANTI et al, 2012).

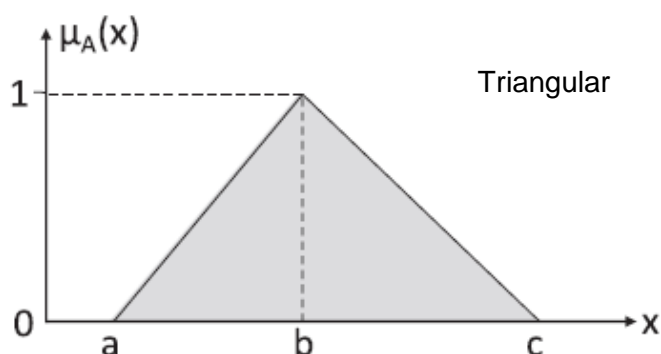
### **2.3.1 Fuzzificador e defuzzificador**

Generalizando, a Lógica Fuzzy ainda depende de uma conclusão inferida a partir de uma avaliação externa. Assim, as aplicações devem ter tantas quantas regras forem necessárias para validar o processo. As escolhas típicas da geometria obedecem o apresentado na Figura 2.9. (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019).

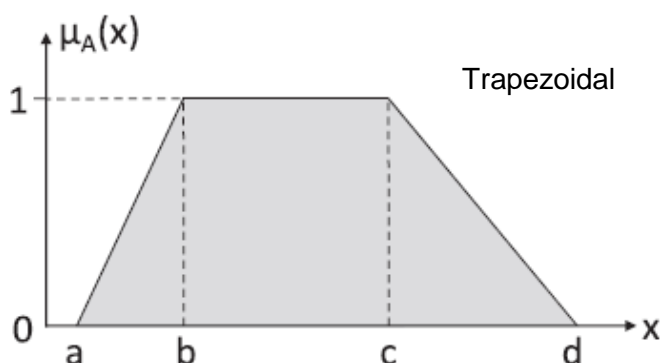
Na Figura 2.10, em (A) observam-se os níveis usualmente empregados em sistemas computacionais: 0 e 1; em (B) a análise conforme a Lógica Fuzzy pode verificar os dados, contextualizando e associando gradativamente a informação com sua classificação entre 0 e 1. Nesse contexto, é necessário criar uma tabela de valores que relacionem os pontos intermediários, como a Tabela 2.3 apresenta. Esse número de inferências ou grau de adesão da função pode ser maior ou menor de acordo com a necessidade do processo sob análise.

Também há necessidade de utilizar um método para realizar a defuzzificação do processo de entrada para obter os valores correspondentes na saída. Para isso, é importante conhecer alguns processos que envolvem a Lógica Fuzzy. Basicamente, suas avaliações tomam o domínio discreto e o domínio contínuo, condicionando o resultado como digital ou analógico, respectivamente. (CORCOLL-SPINA, 2010).

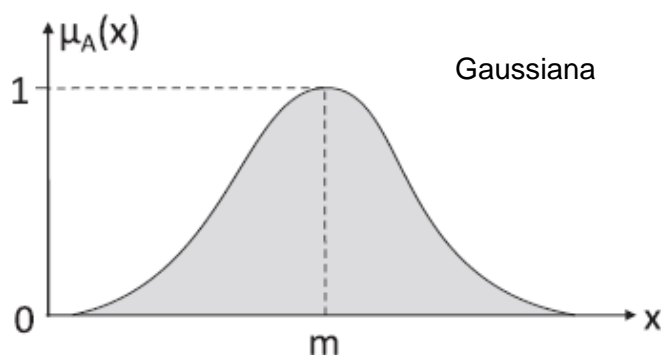
Figura 2.9 – Geometrias típicas para Lógica Fuzzy



$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$



$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$



$$\mu_A(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

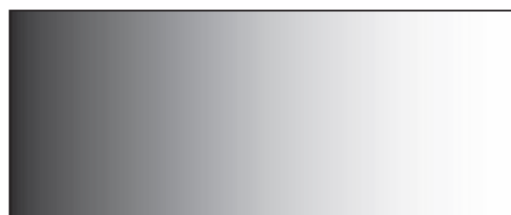
onde  $\delta$  é o desvio padrão da distribuição gaussiana (também conhecida como distribuição normal)

Fonte: adaptado de (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019)

Figura 2.10 – Níveis de avaliação computacional



(A)



(B)

Fonte: (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019)



Tabela 2.3 – Viajante definindo entre dois caminhos

DECISÃO	GRAU DE ADESÃO DA FUNÇÃO
Certamente sim	1
Usualmente	0,9
Bem possível	0,7 – 0,8
Talvez	0,5
Em alguns casos	0,2 – 0,3
Certamente não	0

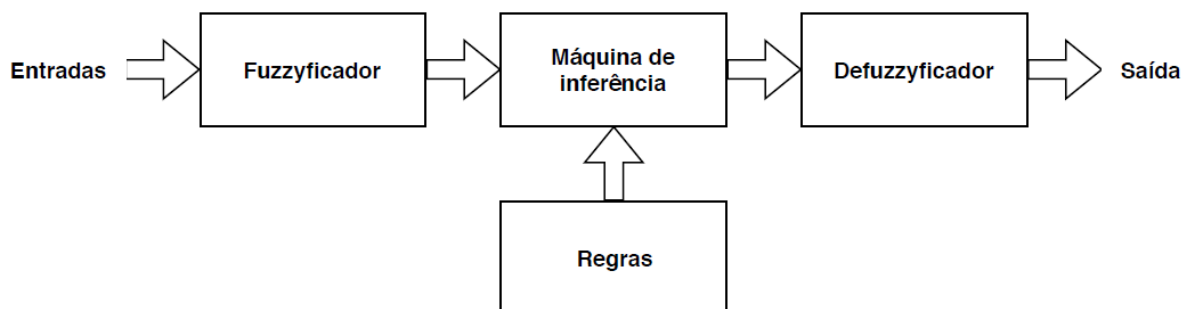
Fonte: adaptado de (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019)

Ainda de acordo com Corcoll-Spina (2010) o processo de defuzzificação deve estar estruturado e com regras matemáticas coesas de forma a obter resultados elucidativos, que não saiam do escopo da proposta. Por isso, é importante delimitar as regras a analisar as entradas para produzir as saídas correspondentes.

Para realizar a separação em níveis é necessário criar uma estrutura que consiga estabelecer os critérios que relacionam entre 1 (verdadeiro) e 0 (falso). A Lógica Fuzzy permite estabelecer valores intermediários, como apresenta a Figura 2.10, associando a graus de pertinência ou adesão à função.

Existem vários métodos para a defuzzificação como análise de área, centro de massa, média aritmética, média dos máximos ou dos mínimos, etc. Esses métodos podem compor variações adaptadas ao estudo específico, mostrando a capacidade de aplicação da Lógica Fuzzy em inúmeros processos. (MATEUS, 2017). Observa-se que é necessário classificar os dados para obter os níveis desejados para cada ação a ser tomada. Essa classificação pode significar uma compilação de dados ou opinião de especialistas. Neste caso, foram dados compilados pelo autor do trabalho. Assim, o controlador a ser implementado pode analisar o status de cada situação e tomar a decisão baseado nos critérios estabelecidos. A Figura 2.11 apresenta uma estrutura básica de aplicação da Lógica Fuzzy.

Figura 2.11 – Elementos de um sistema com Lógica Fuzzy



Fonte: adaptado de (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019)

Onde, para a Figura 2.11 (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019, p 389):

- Regras – cálculo da função de filiação e decisão sobre a pertinência de um elemento ao conjunto especificado.
- Fuzzyficador – com entradas normalmente claras, o papel deste elemento é transformar esses dados em valores difusos, também chamado controlador Fuzzy.
- Máquina de inferência – mapeia os dados difusos em conjuntos difusos.
- Defuzzyficador – escolhe o valor apropriado para a variável de saída.

O motor ou máquina de inferência é onde reside a base de conhecimento e a lógica de tomada de decisão do defuzzificador. Os parâmetros do sistema Fuzzy são a descrição das variáveis de entrada e saída utilizadas nos conjuntos com suas funções de pertinência. A construção da base de regras envolve a definição do universo para cada variável, determinando o número de conjuntos Fuzzy e projetando as funções de pertinência. A base de regras é uma coleção de declarações condicionais com base nos objetivos de política e controle definidas pelo especialista do domínio. (MATEUS, 2017)

A máquina de inferência de Mamdani tem como base o trabalho pioneiro do autor (MAMDANI & ASSILIAN, 1975). A implementação das regras é feita mediante a definição de operadores relacionais para antecedentes que geram consequentes. Ao agregar esse regramento cria-se o algoritmo Fuzzy que determinará saídas a partir de um processo de defuzzificação aplicado ao conjunto.

### 2.3.2 Aplicações em controle

Uma aplicação diária pode sinalizar algo simples e trivial, mas é possível utilizar a Lógica Fuzzy em Controle e Automação, buscando pontos de máxima potência ou transferência de energia em controladores numéricos (PRAKASH et al, 2018) (ESKANDARI, LI, & MORADI, 2018) (SOHFI, BECHOUAT, & KHALA, 2016) (DERROUAZIN et al, 2017).

A Lógica Fuzzy foi usada para a busca do ponto de máxima potência (conhecido como MPPT) para uma turbina de geração de energia aplicada a partir do levantamento das características do sistema e seu equacionamento. (YIN, LEI, & PAN, 2018).

No trabalho de Anantwar, Lakshmikantha & Sundar (2017), os autores avaliam o controlador Fuzzy em contrapartida do método anterior de controle, onde ocorrem variações mais significativas requerendo, inclusive, a aplicação de reativos compensatórios, que foram minimizados com o método proposto.

Também na área de SEP existem estudos utilizando a Lógica Fuzzy como ferramenta computacional capaz de tomar decisões para despacho de energia, otimização de operação de religadores, redistribuição de cargas, etc. Esses trabalhos, normalmente, usam os controladores difusos para aguardar pontos específicos de controle na automação ou recuperação de falhas. (PORTELINHA Jr. et al, 2019) (DERROUAZIN et al, 2017) (ESKANDARI, LI, & MORADI, 2018) (KAHRAMAN, 2008).

As análises apontam que os controladores com Lógica Fuzzy podem ser alocados em aplicações diversificadas, complementando dados numéricos ou criando inferências a partir dos dados levantados até determinado momento. Com isso, é possível correlacionar, inclusive, variáveis distintas para a tomada de decisão (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019).

Além disso, a grande aplicação científica dos controladores baseados em Lógica Fuzzy trouxe algumas características comuns aos cenários e, neste trabalho, cabe ressaltar-se o desempenho desta ferramenta. Vários destes trabalhos realizam o controle e comparam com outro método, informando melhorias no tempo de avaliação e tomada de decisão no sistema de controle. Um exemplo a ser citado pode ser o de melhoria no controle de pico de demanda predial para uso de armazenamento de energia (CHUA, LIM, & MORRIS, 2017).

Assim, percebe-se que existem inúmeras aplicações para a Lógica Fuzzy e seus resultados estão consolidados, permitindo que possa ser usada para análises diversificadas, como seu uso em indicadores operacionais de desempenho. Aplicação esta, aliás, que não foi encontrada na bibliografia analisada para Distribuição de Energia Elétrica e Telecomunicações, áreas comuns para REI.

### **3 INDICADORES OPERACIONAIS ENVOLVIDOS**

Entender os indicadores operacionais e conceber novos, ao final, é uma das necessidades para a aplicação da metodologia em desenvolvimento. Nesta etapa revisitam-se os indicadores que compõem a estrutura da REI, composta de Distribuição de Energia Elétrica e Telecomunicações.

#### **3.1 INDICADORES DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A prestação do serviço de energia elétrica provém de uma concessão pública, regulada e fiscalizada pelo poder público. Neste caso, a Aneel realiza a regulação e fiscalização.

Para determinar o bom funcionamento das empresas do setor foram estabelecidas algumas regras que devem ser seguidas por todas essas empresas, de forma a garantir uma qualidade mínima na prestação do serviço e facilitar a fiscalização da agência.

Para realizar sua atividade a Aneel criou indicadores que formam a base para a confiabilidade dos sistemas de energia elétrica brasileiros. Suas orientações partiram de outros indicadores internacionais.

##### **3.1.1 Indicadores IEEE Std. 1366**

Um documento importante para ser levado em consideração para a confiabilidade dos serviços de Distribuição de Energia Elétrica e seus respectivos indicadores, em nível mundial, é o Guia de Índices do IEEE, sob número 1366. Suas principais informações apresentam-se, resumidamente, no Quadro 3.1 (IEEE, 2012), detalhando as equações utilizadas para posterior comparação com as atualmente em uso. A seguir são apresentados os principais indicadores do Guia IEEE de confiabilidade, tendo a definição desse termo como: “a probabilidade de um componente ou serviço executar a função requerida nas condições declaradas por um período de tempo determinado” (SCHUERGER, ARNO, & DOWLING, 2015).

Quadro 3.1 – Indicadores IEEE Standard 1366

<b>Sigla</b>	<b>Método de mensuração e avaliação de desempenho</b>	<b>Equação</b>
SAIFI	<i>System Average Interruption Frequency Index</i>	$SAIFI = \frac{\sum \text{Total Number of Customers Interrupted}}{\text{Total Number of Customers Served}}$
SAIDI	<i>System Average Interruption Duration Index</i>	$SAIDI = \frac{\sum \text{Customer Minutes of Interruption}}{\text{Total Number of Customers Served}}$
CAIDI	<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>	$CAIDI = \frac{\sum \text{Customer Minutes of Interruption}}{\text{Total Number of Customers Interrupted}}$
CAIFI	<i>Customer Average Interruption Frequency Index</i>	$CAIFI = \frac{\sum \text{Number of Customer Interruptions}}{\text{Number of Distinct Customers Interrupted}}$
MAIFI	<i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i>	$MAIFI = \frac{\sum \text{Number of Customer Momentary Interruptions}}{\text{Total Number of Customers Served}}$

Fonte: (IEEE, 2012)

Essa base acabou sendo o ponto de partida para várias concepções de desempenho ao redor do mundo. Atualmente existe um projeto do IEEE para agregar nesse modelo, indicadores de confiabilidade (IEEE, 2018). Mas, percebe-se que as peculiaridades dos serviços analisados acabam por prevalecer, ao final. Em “Por que as métricas existentes não funcionam para sistemas industriais”, Schuerger, Arno e Dowling (2015) apresentam os principais índices e as razões porque eles não se aplicam em todas as atividades industriais.

### 3.1.2 Indicadores Aneel Prodist Módulo 8

As regras de continuidade na prestação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil são resumidas a seguir, com uma breve descrição dos indicadores ou apontadores de índices de qualidade, que monitoram os diversos fatores importantes para a qualidade na prestação do serviço.

Conforme a Aneel (2016), a continuidade do fornecimento do serviço é avaliada através de indicadores que mensuram a frequência e a duração das interrupções ocorridas nos consumidores. Ressalta-se que, similarmente a outros indicadores no mundo, estes são apurados para as interrupções maiores que 3 minutos, sendo admitidos alguns expurgos na sua apuração. Os indicadores de continuidade do serviço a serem analisados são apresentados no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Indicadores de continuidade da Aneel

Indicador	Informações	Cálculo
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 UC (Unidade Consumidora) ou por Ponto de Conexão	$FIC = n$
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por UC ou por Ponto de Conexão	$DMIC = t(i)_{max}$
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por UC	$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc}$
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por UC	$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc}$
DICRI	Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por UC ou por ponto de conexão	$DICRI = t_{crítico}$

Fonte: (ANEEL, 2017a)

A continuidade do fornecimento do serviço é avaliada pela Aneel através de subdivisões das distribuidoras, denominadas conjuntos elétricos. Ressalta-se que este conjunto pode ter abrangência variada. Conjuntos grandes podem abranger mais de um município, ao mesmo tempo em que alguns municípios podem possuir mais de um conjunto. Além das informações deste quadro é importante ressaltar o IASC (Índice Aneel de Satisfação dos Consumidores) que busca, conforme a própria Aneel (2017b, p. 5) "... subsidiar distribuidoras com as percepções de satisfação, qualidade, confiança, fidelidade e valor por parte dos seus consumidores e, assim, estimular ações de melhoria contínua nos serviços prestados".

Nos Quadros 3.1 e 3.2 é possível verificar a semelhança entre os indicadores base da IEEE e os atualmente empregados para confiabilidade no Brasil, desde seus nomes até suas formas de cálculo. Com esses valores percebe-se que há uma interligação entre os principais indicadores, fazendo com que a empresa concessionária fique, de certa forma, amarrada entre os indicadores. Dessa forma, não basta atender um ou outro indicador, porque eles compõem-se mutuamente.

### 3.2 INDICADORES ANATEL

Outro fator importante para uma REI é a comunicação. No Brasil, as atividades de Telecomunicações são concedidas pelo Estado, reguladas e fiscalizadas pela Anatel. Para realizar essa função, a agência possui indicadores de

qualidade para seus vários tipos de serviços concedidos para a iniciativa privada. Para explicar essa situação mostram-se seus principais indicadores operacionais e suas formas de aquisição e análise.

### 3.2.1 Indicadores de qualidade Anatel

A área de Telecomunicações apresenta inúmeros serviços concedidos pela Anatel, o que gera a necessidade de indicadores específicos para cada tipo de concessão. A Tabela 3.1 apresenta alguns tipos de serviços com indicadores operacionais associados à sua prestação.

Tabela 3.1 – Serviços com indicadores controlados pela Anatel

Serviço	Descrição
STFC	Sistema Telefônico Fixo Comutado
SCM	Serviço de Comunicação Multimídia
SMP	Serviço Móvel Pessoal
STVA	Serviços de TV por Assinatura

Fonte: (ANATEL, 2017a)

Para o estudo deste trabalho focaram-se os indicadores voltados para qualidade do serviço de banda larga e comunicação de dados, diretamente envolvidas em REI, que abrangem, principalmente, as licenças de SCM e SMP. Outros indicadores de outros serviços (como os do STFC) não foram totalmente detalhados ou apresentados em seus pormenores.

Para verificar a satisfação dos clientes, a Anatel ainda elabora uma Pesquisa de Satisfação e Qualidade Percebida que engloba todos os serviços concedidos e listados no quadro. Essa pesquisa busca, via contato telefônico, a resposta para 10 perguntas elaboradas pela Anatel, concessionárias e empresa realizadora. Ao final, seus dados são compilados e é elaborado um índice de Satisfação Geral do usuário por UF (Unidade da Federação) e empresa operadora do serviço naquela região. (ANATEL, 2017c).

### 3.2.2 Indicadores para SCM

Os indicadores para SCM são resumidamente apresentados no Quadro 3.3.



Quadro 3.3 – Indicadores de SCM da Anatel

INDICADOR	INFORMAÇÕES	CÁLCULO
SCM1	taxa de reclamações em relação ao volume de clientes	$SCM1 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM2	taxa de reclamações Anatel X prestadora	$SCM2 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM3	taxa de reclamações repetidas	$SCM3 = \frac{A}{B} \cdot 100$
IDA	desempenho no atendimento SCM	$100 - SCM1 - SCM2 - SCM3$
SCM4	velocidade instantânea contratada	$SCM4 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM5	velocidade média contratada	$SCM5 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x x_i$
SCM6	taxa de latência bidirecional	$SCM6 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM7	taxa de variação de latência	$SCM7 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM8	taxa de perda de pacote	$SCM8 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM9	taxa de disponibilidade	$SCM9 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM10	taxa de atendimento do atendente	$SCM10 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM11	taxa de instalação do serviço	$SCM11 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM12	taxa de solicitações de reparo	$SCM12 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM13	taxa de tempo de reparo	$SCM13 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM14	taxa de resposta ao assinante	$SCM14 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SCM15	pesquisa capacidade de resolução	$SCM_n = \frac{\sum_{ij} A_{ij}}{B \cdot C}$
SCM16	pesquisa competência do atendente	
SCM17	pesquisa competência e organização da prestadora	
SCM18	pesquisa orientação ao cliente	
SCM19	pesquisa cobrança	
SCM20	pesquisa qualidade de conexão	
SCM21	pesquisa suporte técnico	

Fonte: adaptado de (ANATEL, 2011a) (ANATEL, 2017d)

A partir destas descrições e cálculo foram detalhados apenas os envolvidos para REI. Um primeiro conjunto de indicadores SCM (ANATEL, 2011a) mede o que

é chamado pela agência de reação do assinante, composto por SCM1, SCM2, SCM3 e IDA.

Para exemplificar a metodologia adotada foi detalhado o cálculo do indicador SCM1 – relação entre o número total de reclamações recebidas na Prestadora, em todos os seus canais de atendimento, e o número total de acessos em serviço, no mês, não deve ser superior a 2%, Equação 3.1.

$$SCM1 = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (3.1)$$

Onde:

*A* - número total de reclamações, no mês, junto à Prestadora de SCM;

*B* - número total de acessos em serviço na rede da Prestadora no último dia do mês.

Os demais indicadores obedecem à mesma relação, ou seja, proporção entre o todo e o número de ocorrências. Exceção aos índices, como IDA que é uma composição que vai decrescendo o valor de 100% pelas perdas nos indicadores individuais.

Um segundo grupo é formado pelos indicadores SCM4, SCM5, SCM6, SCM7, SCM8 e SCM9, responsável por avaliar a rede da Prestadora do serviço (ANATEL, 2011a). Cabe destacar o indicador SCM5 – que durante o PMT, a empresa deve garantir uma velocidade média de conexão, tanto no download quanto no upload, de, no mínimo 80% da velocidade máxima contratada pelo assinante, conforme Equação 3.2, sendo: Garantia de Velocidade Média Contratada. Os demais obedecem à regra de proporção citada anteriormente.

$$SCM5 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x x_i \quad (3.2)$$

Onde:

*x* - valor de cada medição de velocidade instantânea, em percentual da velocidade máxima contratada, durante o PMT, no mês; e

*n* - número total de medidas obtidas, durante o PMT, no mês.

Um terceiro grupo é formado pelos indicadores SCM10, SCM11, SCM12, SCM13 e SCM14, responsável por avaliar o atendimento aos clientes (ANATEL,

2011a). Como possuem uma métrica muito similar aos anteriores e não controlam atividades diretamente envolvidas no objeto do estudo, não foram detalhados.

Por fim, ainda existe um quarto grupo formado pelos indicadores de pesquisa dos clientes, que são determinados por meio de avaliação em campo junto aos Assinantes do SCM, mediante a utilização de questionário(s) específico(s), formalizados pela Anatel junto à operadora até 31 de março do corrente ano e executados por empresa especializada nessa área, contratada pela Prestadora (ANATEL, 2011a). Para determinar o valor dos indicadores da pesquisa é utilizada a forma generalista da Equação 3.3, SCM15 a SCM21.

$$SCMn = \frac{\sum_{ij} A_{ij}}{B \cdot C} \quad (3.3)$$

Onde:

$A_{ij}$  - resposta do Assinante “i” ao item “j” do questionário relacionado ao indicador em avaliação;

$B$  - quantidade de itens relacionados ao indicador em avaliação;

$C$  - quantidade de Assinantes respondentes.

Todo ano a ANATEL faz uma média em percentual do cumprimento das metas por parte das empresas de Telecomunicações no Brasil com mais de 50 mil acessos, que considera os dados dos indicadores obtidos no ano através dos serviços desempenhados pelas Prestadoras. Em 2017 o percentual atingiu 64,2%, tendo um aumento referente aos anos de 2015, com 59,4%, e 2016, com 63,2%.

### 3.2.3 Indicadores para SMP

Os indicadores para SMP foram regulamentados pela Resolução N° 575 de 2011 (ANATEL, 2011b). Esse documento aprova o Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço Móvel Pessoal (RGQ-SMP) que fiscaliza o Regulamento do SMP estabelecido pela Resolução N° 477 (ANATEL, 2007). O Quadro 3.4 apresenta os indicadores SMP.

Quadro 3.4 – Indicadores de SMP da Anatel

INDICADOR	INFORMAÇÕES	CÁLCULO
SMP1	taxa de reclamações em relação ao volume de clientes	$SMP1 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP2	taxa de reclamações Anatel X prestadora	$SMP2 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP3	taxa de completamento para atendimento	$SMP3 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP4	completamento de chamadas	$SMP4 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP5	taxa de efetividade dos canais de sinalização	$SMP5 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x x_i$
SMP6	taxa de envio de mensagens de texto	$SMP6 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP7	Taxa de queda de ligações	$SMP7 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP8	taxa de conexão	$SMP8 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP9	taxa de queda de conexões	$SMP9 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP10	Taxa de transmissão instantânea (download)	$SMP10 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP11	Taxa de transmissão média	$SMP11 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
SMP12	taxa de solicitações de reparo	$SMP12 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP13	taxa de tempo de reparo	$SMP13 = \frac{A}{B} \cdot 100$
SMP14	taxa de resposta ao assinante	$SMP14 = \frac{A}{B} \cdot 100$
IDA	SMP ATENDIMENTO	100-SMP1-SMP2
IDQ	todos SMP com pesos iguais	$IDQ = \frac{\sum_{i=1}^{18} (D_i X p_i)}{\sum_{i=1}^{18} (Max_i X p_i)} \cdot 100$

Fonte: (ANATEL, 2011a)

Esse regulamento aplica-se a todo Brasil e às amostras executadas no PMT, compreendido entre 10 horas e 22 horas do mesmo dia. Esse primeiro conjunto de indicadores SMP (ANATEL, 2011b) mede o que é chamado pela agência de reação do assinante, composto por SMP1 e SMP2. Pela similaridade com os anteriormente apresentados, SCM1 e 2, não foram detalhados.

Um segundo grupo de indicadores que compõem as avaliações da agência, mede a qualidade de rede dos serviços SMP prestados, compreendendo SMP3 a SMP7 com cálculo também dentro do padrão de proporção e porcentagem. Cabe ressaltar o SMP7 que apresenta característica importante para avaliação e foi detalhado. (ANATEL, 2011b).

SMP7 – formado pela quantidade de chamadas interrompidas por queda de ligações na rede da Prestadora, no PMM, tendo a meta como uma quantidade inferior a 2% do total, Equação 3.4.

$$SMP7 = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (3.4)$$

Onde os fatores são:

*A* – número de quedas de ligações;

*B* – número total de ligações.

O terceiro grupo de indicadores de monitoramento da rede dizem respeito às conexões de dados (ANATEL, 2011b). Esses formam a estrutura principal deste trabalho e, por isso, detalhados.

SMP8 – as tentativas de conexão destinadas à conexão de dados utilizando a rede do SMP, no PMT, devem ser estabelecidas em 98% (noventa e oito por cento) dos casos, no mês. Esse indicador avalia a taxa de conexão de dados, Equação 3.5.

$$SMP8 = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (3.5)$$

Onde:

*A* - número total de tentativas de conexão destinadas a conexões de dados estabelecidas, em cada PMT, no mês;

*B* - número total de tentativas de conexão destinadas a conexões de dados, em cada PMT, no mês.

SMP9 – a taxa de queda das conexões de dados utilizando a rede do SMP da Prestadora, no PMT, deve ser inferior a 5% (cinco por cento), no mês. Esse indicador avalia a taxa de queda das conexões de dados, Equação 3.6.

$$SMP9 = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (3.6)$$

Onde:

$A$  – número total de quedas das conexões de dados, em cada PMT, no mês;

$B$  - número total de tentativas de conexão destinadas a conexões de dados estabelecidas, em cada PMT, no mês.

SMP10 – durante o PMT, a Prestadora deve garantir uma taxa de transmissão instantânea na conexão de dados, tanto no download quanto no upload, em noventa e cinco por cento dos casos (95%), de, no mínimo 40% da taxa de transmissão máxima contratada pelo assinante. Esse indicador avalia a garantia de taxa de transmissão instantânea contratada, Equação 3.7.

$$SMP10 = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (3.7)$$

Onde:

$A$  - número de medições em que o resultado final da medição foi igual ou superior ao percentual da taxa de transmissão máxima contratada, em cada PMT, no mês;

$B$  - número total de medições obtidas, em cada PMT, no mês.

SMP11 – a Prestadora deve garantir uma taxa de transmissão média nas conexões de dados, no PMT, tanto no download quanto no upload, de, no mínimo 80% da taxa de transmissão máxima contratada pelo assinante. Esse indicador avalia a garantia de taxa de transmissão média contratada, Equação 3.8.

$$SMP11 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.8)$$

Onde:

$x$  – valor de cada medição de taxa de transmissão instantânea, em percentual da taxa de transmissão máxima contratada, em cada PMT, no mês; e

$n$  – número total de medidas de taxa de transmissão instantânea em cada PMT, no mês.

Por fim, a Prestadora deve fornecer a seus clientes e à Anatel software para medição da(s) taxa(s) de transmissão instantânea(s), tanto de download quanto de upload, de sua conexão, devendo estar disponível de forma gratuita e em local de fácil visualização na página da empresa na Internet.

Algumas características determinadas pela Anatel para esse software incluem:

- o resultado de cada medição deve apresentar as seguintes informações:

I - Taxa de Transmissão Instantânea;

II - latência bidirecional;

III - variação de latência (*jitter*);

IV - taxa de perda de pacotes; e

V - data, hora e localização da medição.

- As medições devem ser realizadas na hora que o cliente desejar.

- O software deve apresentar ao Cliente, no mínimo:

I - o resultado de cada medição;

II - o histórico dos resultados das medições realizadas; e

III - a média dos resultados das medições realizadas.

O grupo final de indicadores de que trata a Resolução 575 (ANATEL, 2011b) refere-se aos indicadores de atendimento e mede a efetividade com que a Prestadora recebe, orienta e resolve as reclamações dos Assinantes. Formado por SMP12 (Taxa de atendimento pela telefonista em sistemas de auto-atendimento), SMP13 (Taxa de resposta ao cliente) e SMP14 (Taxa de atendimento pessoal ao cliente). Por fim, ainda aplica pesquisa nos moldes relatados para o sistema de SCM. Como esses indicadores não afetam diretamente o trabalho a ser executado não foram detalhados, sendo somente citados para conhecimento.

A Resolução 575 da Anatel (2011b) apresenta outro ponto importante que este trabalho busca. Ou seja, a criação de índices para compor uma métrica complementar a partir de indicadores individuais. Em seu Capítulo 10, dos índices comparativos, apresenta um conjunto de índices que são utilizados para histórico e acompanhamento de todas as Prestadoras.

IDQ – Índice de Desempenho de Qualidade – é formado pelos indicadores de qualidade do SMP e calculado conforme Equação 3.9.

$$IDQ = \frac{\sum_{i=1}^{18}(D_i X p_i)}{\sum_{i=1}^{18}(Max_i X p_i)} \cdot 100 \quad (3.9)$$

Onde:

- PMM1 é o Período de Maior Movimento 1, compreendido entre 9 h e 11 h.
- PMM2 é o Período de Maior Movimento 2, compreendido entre 14 h e 16 h.

- Para os indicadores SMP3 (PMM1 e PMM2), SMP4 (PMM1 e PMM2), SMP5 (PMM1 e PMM2), SMP6, SMP8 (PMT), SMP10 e SMP11 (PMT), SMP12, SMP13 e SMP14, o  $D_i$  e o  $Max_i$  são calculados da seguinte maneira:

$$D_i = \frac{R_i - M_i}{M_i} Max_i = \frac{R_{max_i} - M_i}{M_i} \quad (3.10)$$

- Para os indicadores SMP1, SMP2, SMP7 (PMM1 e PMM2) e SMP9 (PMT), o  $D_i$  e o  $Max_i$  são calculados da seguinte maneira:

$$D_i = \frac{R_i - M_i}{M_i} Max_i = \frac{M_i - R_{max_i}}{M_i} \quad (3.11)$$

- $D_i$ : Desvio percentual em relação à meta estabelecida para o indicador de qualidade  $SMP_i$ .
- $R_i$ : Valor realizado pela Prestadora para o indicador de qualidade  $SMP_i$  no período e na área de análise.
- $R_{max_i}$ : Valor máximo que pode ser realizado pela Prestadora para o indicador de qualidade  $SMP_i$  no período e na área de análise.
- $M_i$ : Meta de qualidade estabelecida para o indicador de qualidade  $SMP_i$ .
- $Max_i$ : Índice de qualidade máximo que pode ser realizado para o indicador de qualidade  $SMP_i$ .
- $p_i$ : Peso relacionado ao indicador de qualidade  $SMP_i$ , sendo igual para todos os indicadores. O valor dos pesos poderá ser alterado em função dos resultados dos indicadores de pesquisa ou outros estudos conduzidos pela agência.

IDA – Índice de Desempenho no Atendimento – conforme metodologia de cálculo definida pela agência compõe o rol de índices comparativos da qualidade do SMP.

### 3.3 ANÁLISE DE INDICADORES ANATEL

Pelos dados apresentados e revisados percebe-se que é importante criar e monitorar indicadores numéricos em serviços. Os indicadores apresentados são



específicos para a área de Telecomunicações ou de Distribuição de Energia Elétrica. No entanto, é possível verificar que a operação do setor elétrico brasileiro está em constante uso de várias tecnologias e serviços de comunicação. Fator, este, que deve se intensificar com o avanço da REI no Brasil.

### **3.3.1 Análise da metodologia usada para o SCM**

Os indicadores para banda larga dividem-se em fixa, móvel e SCM. Como a fixa não forma um contexto aplicável, em sua maioria, na rede elétrica de distribuição, não terá detalhamento neste trabalho. Para a telefonia móvel, adota-se o mesmo critério da fixa e para o SCM o ANEXO B apresenta um resumo dos indicadores e metas a serem alcançadas.

Alguns indicadores apontam relações muito similares. Exemplo para o SCM5 que sinaliza velocidade média mensal em 80%, como o SMP11.

Outros indicadores a destacar para este trabalho:

- SCM4 – velocidade instantânea superior a 95% das conexões realizadas e medidas, como o SMP10;
- SCM5 – taxa média contratada acima de 80% do tempo disponível, como o SMP11;
- SCM8 – perda de pacotes de até 2% dos dados abaixo de 95% das medidas efetuadas;
- SCM9 – disponibilidade de 99% do tempo, atingindo mais de 95% das medidas efetuadas.

Atualmente existem mais de 4 mil empresas autorizadas a prestar o serviço. No entanto, apenas as que possuem mais de 50 mil acessos instalados são obrigadas a coletar os indicadores. Essa é uma forma de fomentar a competição, diminuindo as obrigações das empresas menores e garantindo a qualidade das maiores, de forma que diminua o efeito de monopólio no mercado. (ANATEL, 2017e).

### **3.3.2 Análise da metodologia usada para o SMP**

Os indicadores para SMP são controlados pela RGQ-SMP e servem de métrica para as metas estabelecidas. Em casos que o indicador apresente

desempenho inferior ao requerido a Anatel instaura Procedimento de Apuração de Descumprimento de Obrigações (PADO) em desfavor da Prestadora (ANATEL, 2017e).

Cada indicador apresenta uma meta a ser atingida e é coletado no PMM ou PMT, conforme caso. A partir de agosto de 2015 foi introduzida a aplicabilidade de validação estatística dos resultados, tendo até outubro sido divulgados os resultados com erro amostral de até 8%, passando a partir daí a adotar o previsto na metodologia, de erro amostral de até 7% (ANATEL, 2016).

Para controlar o SMP a portaria 1718 (ANATEL, 2017f) criou um procedimento de fiscalização da área de cobertura. Esse processo homologa a abrangência de sinal e, para que o sistema possa efetivar transferências de dados, é necessário que esse sinal chegue aos aparelhos e vice-versa. Resumidamente, a publicação cria um sistema de comparação entre o projeto realizado sobre um modelo de propagação empregado e a realidade na área abrangida pelo mesmo.

As métricas usadas para os indicadores do SMP foram expostas anteriormente. Salientam-se algumas do Grupo Conexão de Dados, parte essencial para este trabalho:

- SMP7 – necessita ter menos de 2% de quedas de ligações;
- SMP8 – necessita atingir 98% ou mais entre o total de conexões e as tentativas;
- SMP9 – considera que o número de queda de conexões de dados deve ser inferior a 5%;
- SMP10 – precisando ser maior que 95% das medições com taxa de transmissão máxima contratada;
- SMP11 – apresentando taxa média de transmissão acima de 80% no mês.

Para o SMP a banda larga foi aferida pelo Inmetro (2015) com medições efetuadas em 2014. A metodologia de teste foi a partir do fornecimento de chips liberados totalmente, ou seja, plano ilimitado de conexão à internet. Nessa medição, para os serviços de 3G e 4G foram realizadas conexões com tamanhos distintos de arquivos para download e upload, conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Tamanho do arquivo de teste

<b>Tecnologia</b>	<b>Download</b>	<b>Upload</b>
4G	200 Mb	50 Mb
3G	10 Mb	3 Mb

Fonte: (INMETRO, 2015)

Para realizar a medição foram tentadas 30 conexões para transferência de arquivos. As operadoras que não atingiram a meta foram descartadas. Todas as conexões, para as operadoras aferidas, foram efetuadas no mesmo dia e horário, de forma simultânea. A conformidade, por sua vez, foi determinada a partir de análises de resoluções da Anatel. Assim, foi tomada a meta de completamento de chamadas do STFC como objetivo para completar as transferências, fixadas conforme Tabela 3.3 (INMETRO, 2015). Verifica-se pela metodologia adotada, completamento da rede fixa, que não existe uma especificação de teste adequadamente criada para esse tipo de tarefa, carecendo de um indicador específico para controle dessa informação.

Tabela 3.3 – Critérios de avaliação de conformidade

<b>Grandeza</b>	<b>Critério</b>	<b>Observação</b>
Velocidade média para transferência de arquivos (download e upload)	Maior ou igual a 70%	Mínimo de 70% da vazão nominal anunciada ao consumidor em contrato.
Taxa de sucesso de transferência de arquivos	Maior ou igual a 70%	Taxa maior ou igual a 70% de sessões de teste iniciadas e concluídas com sucesso, sem interrupções

Fonte: (INMETRO, 2015)

Na metodologia adotada a maioria dos testes foram conformes. Além disso, foi realizada medição da velocidade média e instantânea de transferência de dados. Essas métricas adotaram os critérios apresentados e adotados pela Anatel em seus indicadores. Como não é foco deste trabalho monitorar resultados, estes não foram comentados.

### 3.4 ANÁLISE DOS INDICADORES DA ANEEL

A Aneel avalia vários indicadores para controle das concessões do serviço de Distribuição de Energia Elétrica. Neste trabalho apresentou-se, com maior detalhamento, aqueles que possuem relação com a área de Telecomunicações, de forma a compor indicadores ou índices que possuam inter-relação, posteriormente.

No site da Aneel, na área de Indicadores – Qualidade do serviço, do atendimento e outros índices (ANEEL, 2015) informa que as distribuidoras são avaliadas sob vários aspectos, destacando a qualidade do serviço e do produto oferecido aos clientes. Além dos indicadores de continuidade do serviço, comentados anteriormente, ressalta a conformidade de tensão em regime permanente e as perturbações na forma de onda de tensão. Assim, surgem os indicadores coletivos *DRPe* e *DRCe*, obtidos a partir da campanha de medição amostral realizada por cada concessionária do serviço.

O Prodist – Módulo 8 (2017a) apresenta um item chamado de instrumentação e metodologia de medição. Esse item mostra como obter as leituras e as referências para os instrumentos utilizados para tal; quais as modalidades de leitura que podem ser realizadas; critérios para efetuar as medições quanto a níveis, qualidade de energia e fator de potência. Além disso, apresenta os procedimentos para gestão das reclamações associadas à qualidade do produto, organizando as equipes de monitoramento e controle.

Nas análises da Aneel, suas especificações apontam diretamente para as relações diretas da rede de Distribuição de Energia Elétrica, ignorando que, cada vez mais, as Telecomunicações estão inseridas no ambiente elétrico podendo impactar a qualidade do serviço fornecido ao cliente.

### 3.5 DIFERENÇAS ENTRE INDICADORES DA ANEEL E DA ANATEL

As observações e análises efetuadas apontam para a necessidade de integração entre Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica para permitir a criação de uma REI efetiva. Percebe-se a necessidade crescente de mais comunicação a partir da entrada massiva de automação, monitoramento, controle e entidades de supervisão interconectadas. Para realizar essas operações utilizaram-se vários serviços monitorados pela Anatel no Brasil.

Como visto anteriormente, as concessionárias e permissionárias de energia utilizam muitas tecnologias de Telecomunicações em sua rotina de operação e manutenção do sistema elétrico. No entanto, muitas desconhecem ou ignoram a possibilidade de aproveitar de forma integrada essas tecnologias com vistas a otimizar os sistemas existentes e permitir a implementação de uma REI em suas estruturas, diversificando sua atuação e sem inúmeros investimentos.

No entanto, a abordagem usada por Aneel e Anatel é distinta. A partir da revisão realizada é possível verificar que os sistemas de avaliação/monitoramento das redes estão desconectados e usam métricas diferentes. A Tabela 3.4 resume as principais diferenças encontradas nos indicadores das redes para posterior validação e relacionamento entre os mesmos. (ANATEL, 2015) (ANATEL, 2017d) (ANATEL, 2017e).

Tabela 3.4 – Diferenças de abordagem entre indicadores Anatel e Aneel

<b>Tipo de monitoramento</b>	<b>Fonte</b>	<b>Diferença</b>
Horário	Anatel	Possui um horário de maior movimento onde concentra suas métricas
	Aneel	Período inteiro
Período	Anatel	PMT – compreendido entre 10 h e 22 h ou PMM – segunda semana do mês, entre 9-11 h ou 14-16 h
	Aneel	Divide as métricas em tempos inteiros, parcelados em períodos de amostragem
Métrica empregada	Anatel	Porcentagem, sendo o alvo em relação do todo
	Aneel	Itens com métricas individuais, baseando-se em critérios próprios
Índices	Anatel	Somente para pesquisa de percepção do cliente SCM e qualidade somente para SMP incluindo completamento de chamadas
	Aneel	Acumuladores para indicadores individuais e coletivos, além de técnicos para níveis de tensão

Fonte: do Autor

Nesta tabela são apresentadas incongruências entre as análises efetuadas. Por exemplo, enquanto a Anatel concentra suas métricas em horários específicos de maior movimento, para banda larga entre 10 h e 22 h de cada dia e conexões discadas uma vez por mês em horários específicos, a Aneel analisa o período

integral de fornecimento ao cliente, mensurando o tempo mínimo e o número de paralisações. Além disso, quanto à medida da janela de tempo utilizada, pode-se salientar que qualquer horário pode apresentar criticidade para o fornecimento de energia elétrica, conforme Tabela 3.5. À noite, por exemplo, as medidas da Anatel sequer verificam a comunicação existente quanto a problemas para esse período. Esta tabela foi montada a partir de dados monitorados em meses de operação de religador telecomandado, mostrando que ocorrem eventos em quaisquer momentos.

Tabela 3.5 – Amostra de eventos de falha de comunicação em operação de religador telecomandado

Ocorrências	Fonte	Horário
18	Transitória	Fora do PMT
28	Transitória	Dentro do PMT
2	Permanente	Fora do PMT
0	Permanente	Dentro do PMT

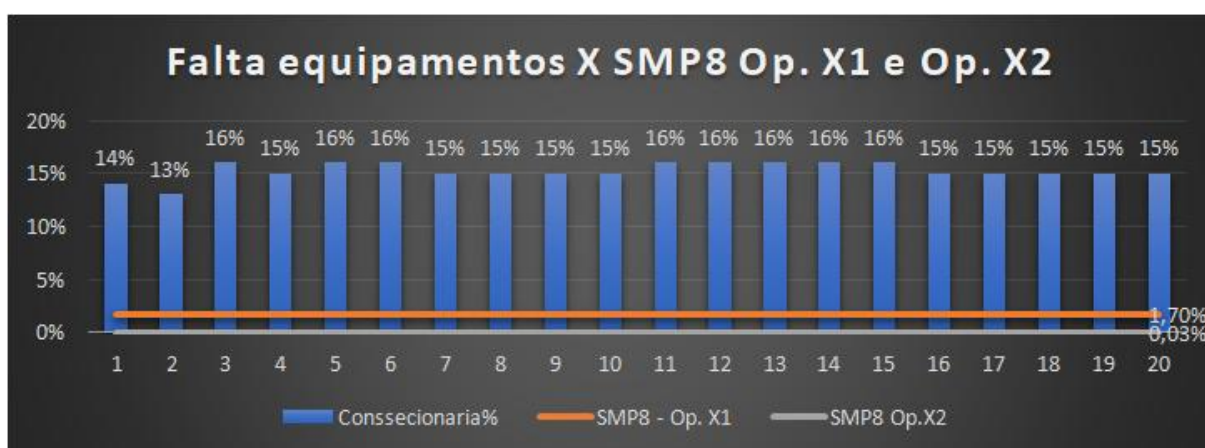
Fonte: do autor

A Tabela 3.5 procurou apontar, num estudo preliminar, o número de operações de religador automático em uma concessionária de energia, computando os valores de ocorrências dentro e fora do PMT, além de apontar se eram falhas transitórias ou permanentes. Nesse caso, a análise ocorreu sobre um alimentador da permissionária que cedeu seus dados, no período entre agosto e novembro de 2016, permitindo observar a substituição de uma chave fusível por um religador telecomandado e o impacto para os indicadores de continuidade do serviço. Nesse intervalo de tempo ocorreram 48 eventos monitorados por religador automático, sendo que apenas 2 foram de falta permanente, ambos fora do PMT. Os demais eventos foram transitórios, ou seja, o religador pode recuperar a rede atuando automaticamente, conforme sua configuração.

Outra análise nesta linha avaliou as falhas de comunicação nos sistemas de telecomandos de uma concessionária de Distribuição de Energia Elétrica de grande porte. A busca por correlação entre as falhas existentes na rede da empresa não

encontrou indícios de falhas nos indicadores regionais da Anatel para o SMP, que era a tecnologia utilizada para conectar seus equipamentos, como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1 – Eventos de falha de comunicação X registros Anatel do SMP8 para duas Operadoras de Telecomunicações



Fonte: do Autor

Na Figura 3.1 pode-se verificar que cerca de 15% de seus sistemas telecomandados apresentam falha durante as semanas observadas, mas o indicador da Anatel para as duas Operadoras avaliadas não apresentam qualquer alteração em seus valores, mantendo-se estável em todo período observado.

Pelas demais análises efetuadas, como quadros e tabelas deste capítulo, além dos resumos dos Regulamentos de Qualidade e Indicadores de ambas as agências reguladoras, pode-se perceber que não existem conexões efetivas entre os sistemas de monitoramento de Anatel e Aneel.

Essa desconexão entre as métricas utilizadas causa problemas para avaliar e corrigir os rumos da operação telecomandada na Distribuição de Energia Elétrica. Com isso, as concessionárias de energia elétrica precisam criar ferramentas próprias de gerenciamento e, ao reclamar da prestação do serviço de Telecomunicações para a Anatel têm suas teorias refutadas pelos indicadores operacionais existentes, pois não registram os acontecimentos.

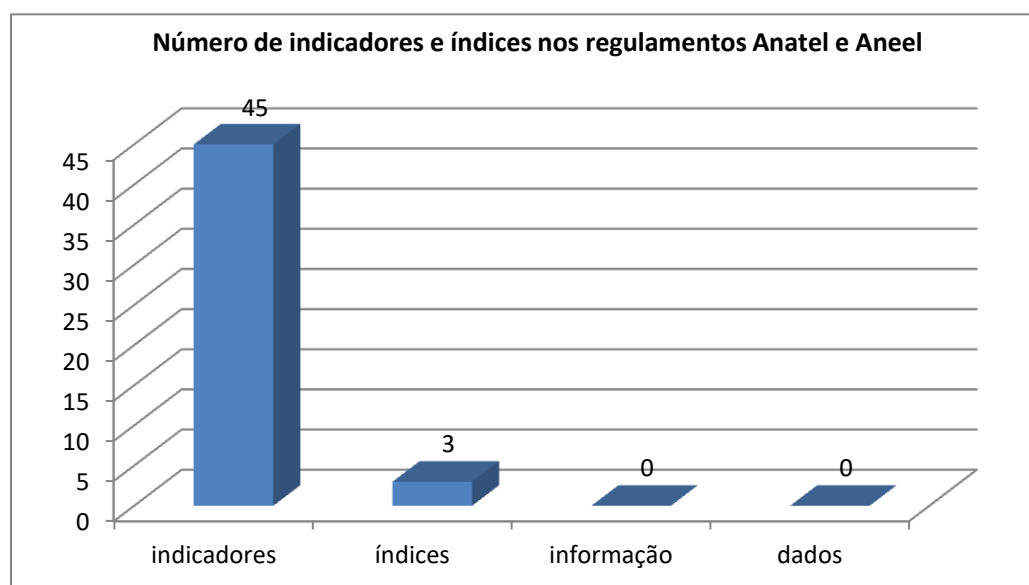
Por fim, existem dois aspectos importantes a serem relatados: os indicadores devem apresentar resultados plausíveis e métricas agrupadas que permitam evidenciar problemas mais abrangentes, abordando o contexto de sua medida e o impacto que isso gera nos clientes; a aplicação indiscriminada de tecnologias de

comunicação, sem o aval da Anatel poderá ocasionar a falta de canais de comunicação na faixa de uso comum ou bloqueios por equipamentos interferentes e/ou levar à utilização de frequências reservadas, causando danos ao espectro eletromagnético e suas regulamentações específicas.

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO EM DADOS, INFORMAÇÕES E INDICADORES

Para mostrar outros aspectos dos indicadores abordados eles foram classificados conforme a Tabela 2.1, de Pavani & Scucuglia (2011). A Figura 3.2 apresenta o levantamento efetuado com os 48 valores de medidas estudados neste trabalho, entre Anatel, Aneel e IEEE. O quadro com todos os dados envolvidos nesta figura está no APÊNDICE A.

Figura 3.2 – Número de métricas usadas por Anatel e Aneel



Fonte: do Autor

Pela análise da figura percebe-se que os indicadores são pouco relacionados em índices. Além disso, ainda se pode salientar que não existem relações entre as medidas efetuadas por Aneel e Anatel. Conforme apresentado anteriormente, o agrupamento dos dados em informação, indicadores e índices vai aumentando o nível de detalhamento e permitindo que as análises obtenham maior qualidade, de acordo com a necessidade específica. Resumidamente, percebe-se que o grande volume está classificado como indicadores chegando a 45 de 48 métricas avaliadas.



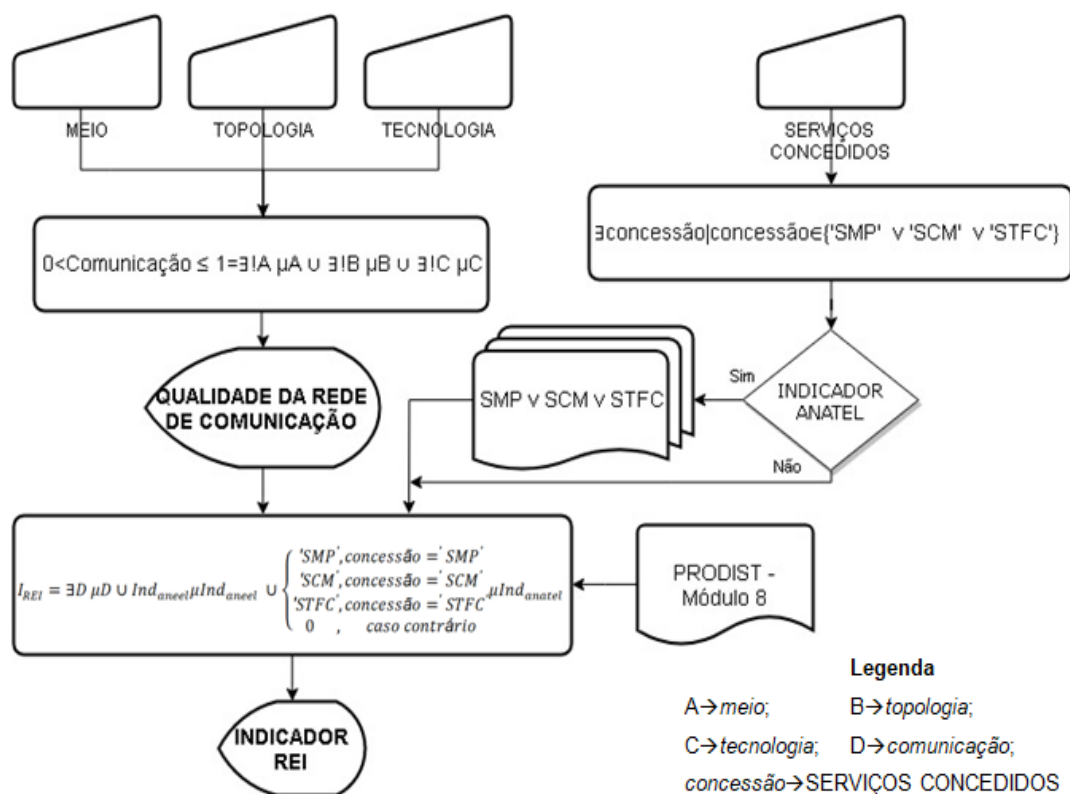
As informações e dados brutos podem ser consultados no site das agências reguladoras.

Assim, o balizamento de novos indicadores e índices cruzados, entre Aneel e Anatel, pode aumentar significativamente o nível de entendimento operacional desses sistemas. Com isso, o controle poderia ser executado de forma mais eficaz, bem como a prestação do serviço poderia ser melhor percebida pelos clientes, com valores mais representativos da realidade destes.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em duas etapas. A primeira apresenta uma análise da estrutura de comunicação através de um indicador de qualidade baseado no fluxograma da Figura 4.1, onde a união ocorre com a lógica E (*and*) para as variáveis dos conjuntos. A segunda etapa é a continuidade deste método, onde foi desenvolvido um conjunto de índices e indicadores para uma análise de desempenho operacional a partir das métricas atualmente praticadas, representadas como *INDICADOR REI* no algoritmo do processo.

Figura 4.1 – Fluxograma de criação dos novos indicadores e índices de desempenho



Fonte: do Autor

O fluxograma apresenta três entradas manuais para *meio*, *topologia* e *tecnologia*; informações essenciais para avaliar a qualificação da rede de Telecomunicações. Esta primeira avaliação gera uma saída, chamada de *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO*. Esse fator forma um resultado parcial, avaliativo da estrutura de rede montada para suportar a REI.

Paralelamente há uma entrada manual dos *serviços concedidos* de Telecomunicações em uso na rede proposta. A partir dessa informação é selecionado o tipo de serviço e verificado se existem indicadores operacionais da Anatel à disposição. Se sim, ocorre a seleção dos documentos relevantes (*SMP*, *SCM* ou *STFC*) e, se não, o fluxo direciona diretamente para o processo final.

No processo final ocorre a união da primeira saída do processo com os indicadores operacionais provenientes da Anatel (2017a), se existirem, e Aneel (2017a) a partir dos indicadores de continuidade de serviço presentes no Prodist, Módulo 8. Por fim, esse processo culmina na saída *INDICADOR REI*, formulando um novo conjunto de índices e indicadores para REI. Esta saída também será chamada de *ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL*, durante o desenvolvimento do trabalho, pois engloba todas as métricas e conjuntos associados.

As entradas primárias estão agrupadas por área e convergem para uma centralização. Cada nível horizontal as recebe e fornece uma saída para o próximo. As saídas, ao final, apontam os resultados encontrados a partir da ferramenta matemática aplicada.

Para uma terceira etapa, a saída converge para a aplicação direta dos indicadores operacionais de serviços concedidos, regulados e fiscalizados pelas agências Anatel e Aneel, promovendo o desenvolvimento de uma metodologia para análise de desempenho operacional para REI a partir dos atuais indicadores utilizados.

A partir de cada controlador implementado é possível obter resultados, sendo que neste trabalho têm-se duas principais ocupações para estes:

- 1) Seleção e classificação para saída *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO*.
- 2) Composição de indicadores e índices operacionais de desempenho *INDICADOR REI*.

Na sequência são apresentados os detalhes da composição destas duas principais saídas.

#### 4.1 COMUNICAÇÃO REI

Nesta etapa da análise ocorre a verificação dos tipos de comunicação utilizada. Essa estrutura recebe as entradas das topologias, dos meios e das

tecnologias utilizadas na composição da rede. Não há como construir uma rede de Telecomunicações sem esses requisitos.

A partir destas entradas foi possível compor grandezas para quantificar e qualificar a *Comunicação REI* na ferramenta matemática utilizada. Para isso, utilizam-se as variáveis de entrada: *topologia, meio, tecnologia*.

#### 4.1.1 Topologias de comunicação

Características como diversidade de meios e frequências, topologias de conexão e tipos de enlace são importantes nesta variável de entrada, para estabelecer a base da REI em avaliação. De acordo com os dados verificados, ela pode se dividir em três níveis básicos de qualidade de rede: barramento, estrela e anel, podendo ter composições mistas destas.

A topologia em barramento, para sistemas de grande porte em redes de Telecomunicações, apresenta características de baixo nível de proteção lógica, sem proteção física, largura de banda estreita, sem capacidade elevada de transporte de informações e, com isso, caracteriza-se como ruim. Embora tenha aplicações específicas onde possa ser útil, como subestações e áreas industriais (HEGER, VODRASKA, & KOCUR, 2015), sua utilização é restritiva e deve ser bem analisada para não comprometer os nós estabelecidos.

Ao criar uma topologia em estrela há a inserção de um nó central ou concentrador que demanda todas as necessidades aos demais membros da rede. Ela é ágil, mas apresenta problemas sérios ao perder esse ponto principal. Sua aplicação, mesmo com duplicidade de hardware, pode ser suscetível a falhas graves (EDER-NEUHAUSER, ZSEBY, & FABINI, 2016).

Para uma topologia em anel, por fim, é possível criar redundância, proteção física e lógica adequadas, demandar um volume de informações elevado, dependendo do meio e tecnologia utilizados, além de garantir a comunicação por praticamente 100% do tempo (EDER-NEUHAUSER, ZSEBY, & FABINI, 2016).

O Quadro 4.1 apresenta o resumo dos tipos de topologias predominantes na área das redes de Telecomunicações e algumas considerações para avaliação do nível de qualidade da variável de entrada de acordo com o que for adotado. Para implementação foi associada uma hierarquia que classifica os valores de entrada como um ranking dentro das possibilidades assumidas, do pior caso para o melhor.

Quadro 4.1 – Topologias de comunicação

Topologia	Proteção lógica	Proteção física	Hierarquia	Nível de qualidade
Barramento	Sim	Não	Pior	0,5 –  0,7
Estrela	Sim	Não	Intermediário	0,7 –  0,8
Anel	Sim	Sim	Melhor	0,8 – 1

Fonte: do Autor

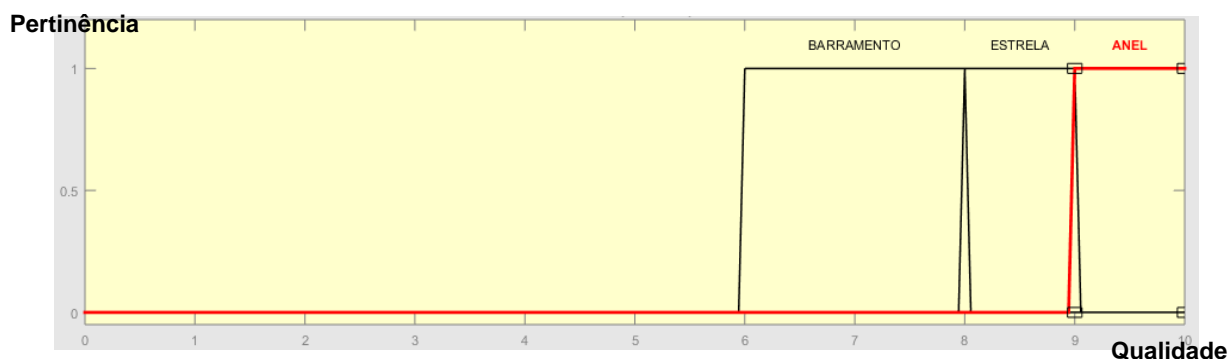
Observa-se que as opções são mutuamente exclusivas, onde apenas uma opção pode compor aquele enlace de comunicação, relacionando-se à lógica binária.

#### 4.1.1.1 Topologias aplicadas na Lógica Fuzzy

Foram escolhidas distribuições trapezoidais para os dados, conforme se apresenta na Figura 4.2. Esta escolha se deve pela característica escalonada e, além disso, se uma topologia é utilizada para a comunicação outra é, automaticamente, descartada. A Equação 4.1 apresenta a estrutura criada, conforme Profillidis & Botzoris (2019).

$$\mu_F(\text{topologia}) = \begin{cases} \frac{\text{topologia} - a}{b - a}, & a \leq \text{topologia} \leq b \\ 1, & \\ \frac{d - \text{topologia}}{d - c}, & c \leq \text{topologia} \leq d \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4.1)$$

Figura 4.2 – Caracterização das topologias escolhidas



Fonte: do Autor

Nesta equação *topologia* representa o domínio da função; *a* é o início da base do trapézio, *b* é o início da máxima altura; *c* é o fim da máxima altura; *d* é o fim da

base. A resposta traz o nível de qualidade do tipo de topologia adotada com relação à função de entrada. Como as opções são mutuamente exclusivas, o trapézio toma a forma aproximada de quadrado, sendo que se fisicamente o sistema tiver a topologia em anel, toma-se o nível de qualidade entre 0,9 e 1 no eixo X, destacado na Figura 4.2.

A análise dos dados de entrada considera que a pior topologia possível para a qualidade da rede de Telecomunicações é a de barramento, ocupando a menor classificação, seguida pela estrela e, posteriormente, pela em forma de anel. Assim, topologia ocupa o eixo cartesiano X com suas entradas possíveis e a saída é associada à classificação hierárquica da entrada; no eixo cartesiano Y o grau de pertinência é digital, apontando a estrutura fisicamente presente.

#### 4.1.2 Tecnologias

As tecnologias selecionadas compreendem os protocolos e ferramentas de Telecomunicações que permitem a efetiva comunicação dos sistemas, sobre as topologias estabelecidas em cada etapa da rede.

As técnicas de comunicação utilizadas compreendem os tipos de protocolos capazes de concretizar o enlace, estabelecer a rede e os protocolos de transporte de informação. Para este caso, observa-se que os requisitos para a comunicação numa REI não requerem uma grande taxa de transmissão de dados, permitindo o uso de banda larga ou estreita. (TANEMBAUM, 2006).

A banda larga compreende, preferencialmente, velocidades acima de 512 kbps (quilo bits por segundo), como ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), 3G (terceira geração de telefonia móvel), etc; enquanto a banda estreita velocidades inferiores a isso, como PLC (*Power Line Communication*), GPRS (*General Packet Radio Services*), etc. O Quadro 4.2 apresenta os valores organizados como uma hierarquia do pior caso para o melhor, de acordo com a classificação dos valores.

As tecnologias listadas são mutuamente exclusivas nos enlaces e foram organizadas de acordo com a capacidade de transporte de informações e aplicação em backbone, ou rede de transporte de alta capacidade de tráfego de informações. Permitindo, assim, quantificar cada uma.

Quadro 4.2 – Tecnologias utilizadas

Tecnologia	Banda larga	Backbone	Hierarquia	Nível de qualidade
Serial	Não	Não	Pior	0,2 – 0,3
PLC	Não	Não	Ainda ruim	0,3 – 0,4
GPRS	Não	Não	Continua ruim	0,4 – 0,5
RF Mesh	Não	Não	Intermediário	0,5 – 0,6
3G	Sim	Não	Bom	0,7 – 0,8
4G	Sim	Sim	Melhorando	0,8 – 0,9
ADSL	Sim	Sim	Adequado	0,8 – 0,9
SDH	Sim	Sim	Muito bom	0,9 – 1
DWDM	Sim	Sim	Melhor	0,9 – 1

Fonte: do Autor

Uma aplicação serial para redes de Telecomunicações de alta densidade de informações, por exemplo RS-485, pode ser classificada como a pior tecnologia para comunicação, mas apresenta aplicações úteis em ambientes adequados para seu uso em banda estreita. GPRS, por outro lado, é uma tecnologia 2G de telefonia móvel que vem saindo do mercado e apresenta uma baixa conectividade, devido à cobertura da telefonia móvel e outros fatores que acabam também influenciando nas tecnologias 3G e 4G de comunicação.

O PLC é uma tecnologia de banda estreita, mas possui a grande vantagem de usar o meio já disponível, diminuindo seu custo de implantação e fornecendo a comunicação necessária. Das tecnologias que utilizam radiofrequência, as redes Mesh apresentam boas características de comunicação, mas o fazem em baixa potência para não necessitar de licenças específicas. Ao avaliar topologias criadas em malha (com RF Mesh) os resultados, como apontam Malandra e Sansò (2017), ignoram esse fator, mas pode ser um complicador a partir da aplicação de transmissores em mesma frequência que poderiam causar a perda de vários nós da rede, se esse equipamento estiver operando com potência mais elevada.

O ADSL é uma tecnologia de banda larga que pode usar vários meios, sobretudo par metálico, e apresenta uma característica voltada para usuário, com velocidades distintas para download e upload. O SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) é uma metodologia de sincronismo e transporte de alta hierarquia no backbone (rede de transporte), mas que garante uma alta efetividade de comunicação, praticamente, em qualquer meio. Já o DWDM (*Dense Wavelength*

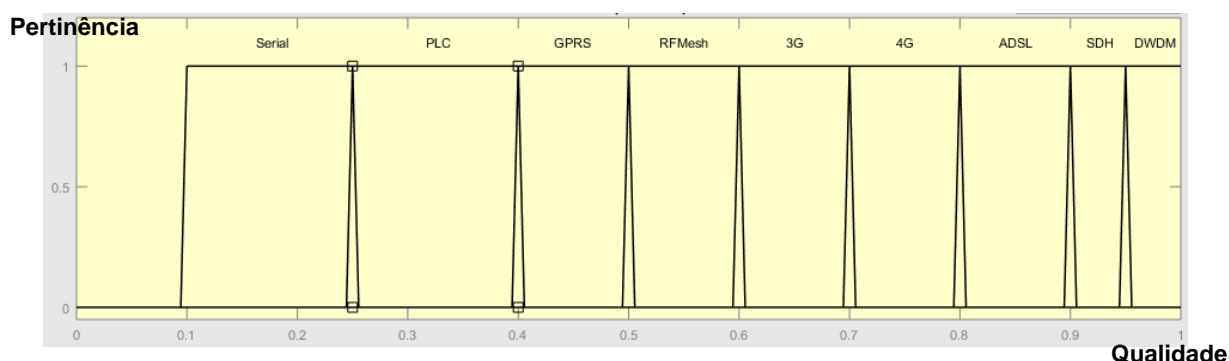
*Division Multiplexing*), embora apareça como a principal tecnologia em uso, é totalmente voltado à fibra ótica, compartilhando esse meio em vários canais de comunicação através da multiplexação por comprimento de onda da luz, as cores.

#### 4.1.2.1 Tecnologias aplicadas na Lógica Fuzzy

A Figura 4.3 apresenta as tecnologias selecionadas e, lembrando, que a escolha de uma elimina a outra e fornece um nível de qualidade definido. A Equação 4.2 apresenta a estrutura criada, conforme Profillidis & Botzoris (2019).

$$\mu_F(\text{tecnologia}) = \begin{cases} \frac{\text{tecnologia} - a}{b - a}, & a \leq \text{tecnologia} \leq b \\ 1, & \\ \frac{d - \text{tecnologia}}{d - c}, & c \leq \text{tecnologia} \leq d \\ 0, & \text{Caso contrário} \end{cases} \quad (4.2)$$

Figura 4.3 – Caracterização das tecnologias escolhidas



Fonte: do Autor

As entradas no eixo cartesiano X compreendem as tecnologias usadas, classificadas de forma mutuamente exclusiva. Assim, onde uma tecnologia for fisicamente inserida, cria-se um nível de qualidade único e, no eixo cartesiano Y sua correspondência digital, como grau de pertinência. A saída se dá pelo nível de qualidade em que cada uma foi classificada.

Os dados de entrada, por serem em maior volume, apresentam uma escala menor para cada entrada, onde a principal tecnologia apontada é o DWDM, multiplexação por comprimento de onda, permitindo a maximização do meio fibra ótica (KRZYSZTOF et al, 2017). A pior é a serial, seguida pelo PLC, comunicação sobre a linha de energia elétrica, que apresenta banda estreita e uma grande perda



de pacotes, que pode ser ocasionada por inúmeras fontes inseridas na rede elétrica (BEER et al, 2013).

#### 4.1.3 Meios

O meio usado para transportar a informação também precisa ser devidamente escolhido. Dependendo do nível hierárquico em que se encontra, tecnologia e topologia adotada, podendo acarretar perdas financeiras imediatas ou futuras na rede de Telecomunicações implantada, pois não transportaria toda informação necessária ou seria incapaz de ser utilizado para ampliações requeridas. Alguns meios selecionados para Telecomunicações encontram-se no Quadro 4.3, organizado numa hierarquia obtida a partir da classificação do pior caso para o melhor dentro das entradas admitidas.

Quadro 4.3 – Meios

Meio	Interferência	Qualquer topologia	Hierarquia	Nível de qualidade
Par metálico	Sim	Não	Péssimo	0,4 – 0,5
Coaxial	Não	Sim	Ruim	0,5 – 0,6
Par trançado	Não	Não	Intermediário	0,6 – 0,7
Ar	Sim	Sim	Bom	0,7 – 0,9
Fibra ótica	Não	Sim	Melhor	0,9 – 1

Fonte: do Autor

Os fatores avaliados para quantificar os meios basearam-se nas características de cada um e, principalmente, na capacidade de imunidade à interferência e funcionamento em qualquer topologia adotada. Como os anteriores também são mutuamente exclusivos em cada trecho de comunicação estabelecido.

O meio fibra ótica, por exemplo, é totalmente imune a interferências e permite o uso em qualquer topologia, além de ser mais facilmente ampliado em capacidade de transporte, requerendo apenas a troca dos equipamentos empregados para a comunicação (EDER-NEUHAUSER, ZSEBY, & FABINI, 2016). Além disso, pode ser usada em qualquer nível hierárquico da rede implementada.

O meio ar é altamente denso em aplicações, mas o risco de interferências é elevado. No entanto, seu uso é rápido e permite que praticamente todas as tecnologias citadas sejam empregadas, em qualquer topologia e, por fim, sua

implementação é rápida e ágil na montagem da rede de comunicação, facilitando sua operação e manutenção.

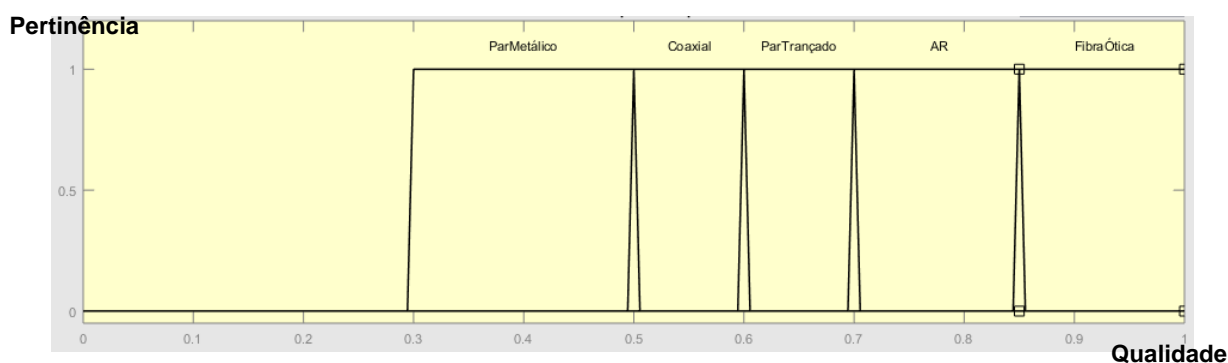
Os meios fisicamente ocupados com fiação, como coaxial, par trançado e par metálico formam um conjunto praticamente em desuso, na atualidade. Os requisitos de banda larga praticamente têm retirado esses meios da escolha de operadoras da área, mas ainda existem sistemas inteiros baseados nessa estrutura, sobretudo em topologias de comunicação implantadas há mais de 20 anos. Além disso, cabe salientar, que a própria rede de Distribuição de Energia Elétrica pode compartilhar seu cabeamento para a tecnologia PLC, por exemplo, de forma a transportar informações.

#### 4.1.3.1 Meios aplicados na Lógica Fuzzy

A Figura 4.4 sintetiza as informações do Quadro 4.3. A Equação 4.3 apresenta a estrutura criada, conforme Profillidis & Botzoris (2019).

$$\mu_F(meio) = \begin{cases} \frac{meio - a}{b - a}, & a \leq meio \leq b \\ 1, & \\ \frac{d - meio}{d - c}, & c \leq meio \leq d \\ 0, & \text{outro caso} \end{cases} \quad (4.3)$$

Figura 4.4 – Caracterização dos meios escolhidos



Fonte: do Autor

As entradas no eixo cartesiano X compreendem os meios usados, classificados de forma mutuamente exclusiva, pois apenas um meio estará fisicamente ocupado, criando um nível de qualidade único e, no eixo cartesiano Y,

seu grau de pertinência digital, por consequência. A saída, conforme anteriores, provém da classificação hierárquica que cada item foi associado.

A fibra ótica, por exemplo, apresenta uma superioridade aparente no Quadro 4.3 e confirmada pela caracterização do modelo. Seguido pelo ar, par trançado, coaxial e par metálico. Esses meios configuram maior ou menor confiabilidade para o transporte dos dados de comunicação, além de permitir mais facilmente as ampliações que, porventura, venham a ocorrer.

#### **4.1.4 Implementação do controlador para comunicação**

A Lógica Fuzzy traz aos sistemas computacionais uma abordagem baseada em graus de verdade, ao invés da típica Álgebra de Boole convencional onde tudo é 0 ou 1 (dígitos). Com isso, pode combinar variáveis linguísticas e pouco definidas criando associação a partir de semelhanças pouco verossímeis (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019). Assim, para implementar o controlador capaz de fornecer a saída esperada para *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO* foram usadas as regras que o Quadro 4.4 apresenta. A defuzzificação realizada foi concebida a partir das características apontadas no Capítulo 2 para topologia, meio e tecnologia associada.

Esse defuzzificador terá três entradas mutuamente exclusivas, conforme explicitado anteriormente. Se fossem computadas todas as alternativas possíveis, seriam inúmeras avaliações individualizadas. As saídas podem ocorrer através dos conceitos ou da composição do nível de qualidade adotado a partir das referências analisadas.

As informações de entrada provém da característica física da comunicação estabelecida e é possível qualificar o processo a partir das variáveis de entrada: *topologia, meio e tecnologia*. Para uma estrutura organizada em barramento, por exemplo, não se tem uma comunicação boa, sob os aspectos de qualidade de rede, sendo, no máximo, média se contar com tecnologias 4G e SDH, devido às suas condições operacionais de duplicidade de equipamentos (SEGATTO et al, 2018). Assim, nesse caso, qualquer configuração adicional não chega a um grau elevado de qualidade na função de saída.

Quadro 4.4 – Regras do defuzzificador

Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saída	Nível de qualidade
Topologia	Meio	Tecnologia	Comunicação	Valor
Barramento	Ar	SDH	Média	0,6 –  0,8
		4G		
	Qualquer	Qualquer	Ruim	0 –  0,6
Estrela	Ar	SDH	Média	0,6 –  0,8
		4G		
		Qualquer	Ruim	0 –  0,6
	Fibra ótica	Qualquer	Média	0,6 –  0,8
	Qualquer	Qualquer	Ruim	0 –  0,6
Anel	Fibra ótica	Qualquer	Boa	0,8 –  0,9
	Par trançado	Qualquer	Média	0,6 –  0,8
	Ar	SDH	Boa	0,8 –  0,9
		4G		
		3G	Média	0,6 –  0,8
	Qualquer	Qualquer	Ruim	0 –  0,6

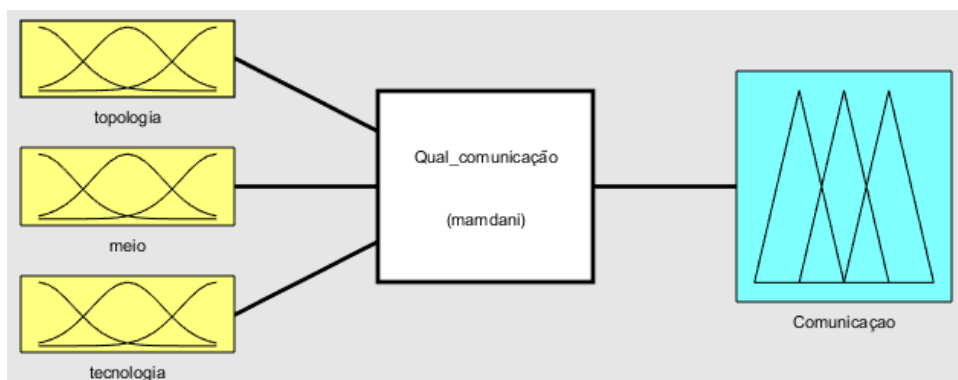
Fonte: do Autor

Para uma topologia em estrela, com meio ar se pode obter uma saída média para SDH e 4G. Para os demais casos considera-se ruim. Quanto à fibra ótica existem aplicações de elevada qualidade, mas afetadas pela organização da rede, alinhando como médio esse fator. As demais configurações possíveis estão associadas como ruim.

Uma configuração da rede em anel sobressai-se, sobretudo, para uso em backbone e capacidade de transporte elevado de informações. Para isso, requer um meio que comporte as necessidades presentes e futuras: a fibra ótica. Com isso, obtém-se um nível bom para a comunicação, o que ocorre também com SDH e 4G. O 3G apresenta características médias para esta avaliação e os demais meios acarretam riscos para essa topologia, ficando como ruim.

Com o conjunto de regras criado e as entradas definidas é possível implementar o controlador Fuzzy. A Figura 4.5 apresenta a estrutura.

Figura 4.5 – Controlador implementado



Fonte: do Autor

Para atender o Quadro 4.4 foram implementadas 23 regras de inferência para compor a saída posterior no defuzzificador. Se essa estrutura fosse implementada num algoritmo normal teria 135 regras diferentes, pelo menos. Ao considerar as saídas combinatórias possíveis esse número aumenta exponencialmente, pois com relações digitais ficaria:  $2^3 \cdot 2^9 \cdot 2^5 > 130$  mil alternativas.

Com a Lógica Fuzzy é possível criar um sistema otimizado que agrupa as entradas e seus valores possíveis permitindo que o controlador tome as decisões a partir do nível de qualidade estabelecido na variável de entrada e as regras de agrupamento inseridas.

Analisando as variáveis propostas e suas possibilidades, admite-se *meio* como uma variável de domínio que pode ser matematicamente escrita como conjunto associado à Lógica Fuzzy:  $\exists! meio | \mu F(meio)$ . O mesmo vale para *topologia* e *tecnologia*. Fazendo  $meio \rightarrow A$ ;  $topologia \rightarrow B$ ;  $tecnologia \rightarrow C$ ; vem a Equação 4.4.

$$0 < Comunicação \leq 1 \rightarrow \exists! A \mu A \cup \exists! B \mu B \cup \exists! C \mu C \quad (4.4)$$

Assim, lê-se que: *Comunicação* terá seu valor entre 0 e 1, inclusive, a partir de que exista um único *A*, pertencente ao subconjunto  $uA$ , união com um único *B* existente, pertencente ao subconjunto  $uB$ , união com um único *C* existente, pertencente ao subconjunto  $uC$ .

A união de conjuntos Fuzzy é dependente da formulação do controlador. Neste caso, *Comunicação* é a saída quantificada de acordo com as variáveis de entrada, fornecendo um nível de qualidade entre 0 e 1; sendo 1 o grau máximo da

função ou, neste caso específico, a melhor solução de comunicação. Fala-se em 0 como totalmente falso e 1 como totalmente verdadeiro.

#### 4.2 SERVIÇOS CONCEDIDOS PELO ESTADO

Esta etapa da metodologia proposta compreende os serviços de comunicação utilizados pelo SEP, envolvendo concessão estatal para sua exploração. A partir da organização elaborada para a REI, oriunda do primeiro nível, é possível determinar estas entradas em conjunto com a resposta desta etapa, que avaliou *topologia, meio e tecnologia* utilizada.

A composição desta etapa organiza-se a partir das tecnologias licenciadas pela Anatel e importantes para o SEP. Algumas já estão em uso e outras compõem a REI. A seguir são detalhadas as peculiaridades dos sistemas monitorados pela agência reguladora das Telecomunicações: Anatel.

O equacionamento matemático desta etapa consiste na entrada da informação que contemple o tipo de serviço utilizado de forma ao algoritmo determinar se possui indicadores operacionais disponíveis, Equação 4.5.

$$\exists concessão | concessão \in \{ 'SMP' \vee 'SCM' \vee 'STFC' \} \quad (4.5)$$

Neste caso se está considerando o serviço concedido de Telecomunicações associado à Distribuição de Energia Elétrica e *concessão* traz a resposta para as licenças que possuem indicadores operacionais de controle. Assim, esta etapa dispensa análise matemática, pois contempla a seleção das métricas que posteriormente utilizou-se.

#### 4.3 INDICADORES OPERACIONAIS DAS CONCESSÕES ENVOLVIDAS

A próxima etapa do fluxograma proposto contempla as entradas de dados provenientes dos serviços concedidos pela Anatel e Aneel. Dessa forma, ao receber a informação do tipo de serviço selecionado foram verificados os respectivos indicadores operacionais que compõem os novos valores para REI.

Para carregar os indicadores provenientes da Anatel e Aneel, esta etapa receberá informação da anterior sobre o serviço de Telecomunicações utilizado.

Assim, nesta etapa, foi realizada a seleção dos indicadores operacionais a serem carregados no sistema para avaliação posterior.

Se os serviços utilizados da Anatel não forem auditados por indicadores operacionais, conforme Equação 4.5, apenas os indicadores de continuidade de serviço do Prodist (ANEEL, 2017a) foram carregados. Assim, foi composta uma nova etapa apresentada na Equação 4.6.

$$ind\_anatel = f(concessão) = \begin{cases} 1, & concessão = 'SMP' \vee 'SCM' \vee 'STFC' \\ 0, & caso\ contrário \end{cases} \quad (4.6)$$

Assim, *ind\_anatel* é tratada como uma variável que assume um valor binário, sendo 1 para dados de indicadores disponíveis e 0 para não disponíveis. Além disso, é uma função de *concessão* (Equação 4.5) que traz o tipo de serviço de Telecomunicações utilizado. Com essas informações carregadas, os resultados dos indicadores operacionais provenientes da Anatel para a avaliação em conjunto com as informações de comunicação.

#### 4.4 ÍNDICES CORRELACIONADOS A PARTIR DA LÓGICA FUZZY

Nesta etapa da metodologia proposta ocorre a análise em controladores Fuzzy dos indicadores selecionados a partir das entradas anteriores e suas consequentes saídas, conforme organização que segue.

Outra saída pretendida na aplicação desta metodologia de análise é a concepção de métricas individuais para a REI que, embora utilizando os dados existentes, trará um novo grupo de valores capazes de criar um regramento avaliativo específico para REI no Brasil, nos moldes dos demais regimentos de controle e fiscalização apresentados anteriormente, como Prodist Módulo 8, RGQ-SCM e RGQ-SMP. (ANEEL, 2017a) (ANATEL, 2017d) (ANATEL, 2017e).

Assim, foram obtidos novos indicadores a partir dos originalmente trabalhados, contribuindo, inclusive, com os atuais Regimentos de Qualidade dos sistemas de Telecomunicações e do Prodist, Módulo 8, para os sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.

Os indicadores operacionais de Aneel e Anatel foram selecionados a partir das informações da rede de Telecomunicações criada e suas relações com os mesmos. A saída compõe o novo índice para REI.

A estrutura matemática está apresentada na Figura 4.1 a partir de um fluxograma (algoritmo) de execução. O processo final é oriundo da Equação 4.7. Fazendo *comunicação* (Equação 4.4) ser chamada de  $D$  com sua respectiva função de pertinência  $\mu_D$  para  $I_{REI}$  (Índice REI);  $Ind_{aneel}$  é o conjunto de indicadores de continuidade de serviço do Prodist e  $\mu_{Ind_{aneel}}$  seu nível de qualidade para  $I_{REI}$ , vem:

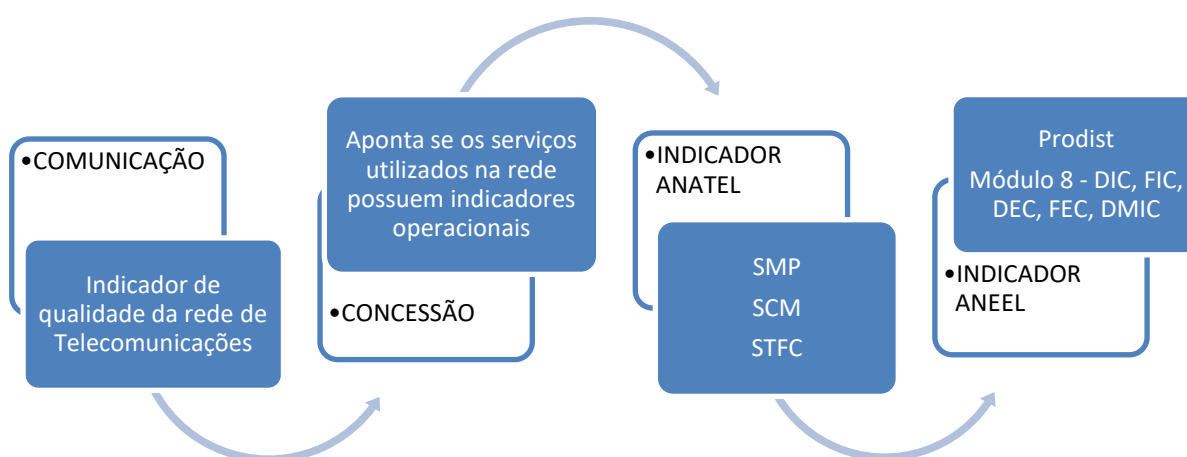
$$I_{REI} = \exists D \mu_D \cup Ind_{aneel} \mu_{Ind_{aneel}} \cup \begin{cases} 'SMP', concessão = 'SMP' \\ 'SCM', concessão = 'SCM' \\ 'STFC', concessão = 'STFC' \\ 0, caso contrário \end{cases} \mu_{Ind_{anatel}} \quad (4.7)$$

A partir da concepção dos controladores Fuzzy e dos dados de entrada necessários, Equação 4.7, foi possível apresentar o fluxograma com toda a metodologia proposta e sua organização. A estrutura completa foi apresentada na Figura 4.1, em forma de algoritmo estruturado.

#### 4.4.1 A composição de indicadores

A partir da estrutura composta é necessário definir os parâmetros a serem carregados e a forma que cada um atua no novo índice gerado. Para isso, a Figura 4.6 apresenta a sequência e as opções previamente definidas.

Figura 4.6 – Entradas para compor o conjunto de índices/indicadores REI





A partir desta organização é necessário determinar o quanto cada valor soma na composição do todo e, além disso, selecionar os indicadores operacionais efetivamente utilizados. Os sistemas de comunicação que não comportam indicadores monitorados por Anatel e Aneel foram desconsiderados, como comunicação interna de SEs (Subestações), por exemplo.

#### 4.5 INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL

Num cenário de REI os indicadores atualmente praticados pelas agências diretamente envolvidas, Anatel e Aneel, são exclusivos. Ou seja, excluem-se mutuamente, embora esse futuro de integração entre as áreas esteja cada dia mais próximo, sendo ampliado à medida que as REI vão tomando forma.

Com as ações de monitoramento e controle de desempenho desta metodologia, qualquer agência reguladora poderá participar ativamente do processo e, inclusive, acompanhar em tempo real possíveis falhas no sistema ou tendências de piora que sejam apontadas nas métricas usadas. Para isso, requerem-se atuações instantâneas para muitas das medidas, algo que as TIC atuais permitem realizar, embora Anatel e Aneel ainda não as usem nessa função específica.

A metodologia proposta para análise do processo contempla indicadores atuais, reestruturados e reagrupados de forma a criar uma nova estrutura para avaliar a REI no Brasil. Resumidamente, é composto por dois grandes conjuntos de indicadores, sendo um de origem da Anatel e outro de origem da Aneel.

No conjunto da Anatel, são 3 serviços envolvidos diretamente no processo: SCM, SMP e STFC. Dentro desses serviços foram priorizados os indicadores diretamente envolvidos com comunicação de dados (SCM4, SCM5, SCM8, SCM9 e SMP8 a SMP11) e aqueles que estão ligados à operação do serviço com qualidade de conectividade e reclamações do cliente (REL, RAI e SMP7).

No conjunto oriundo da Aneel foram envolvidos os indicadores diretamente ligados à continuidade da operação da rede de Distribuição de Energia Elétrica (DIC, FIC, DMIC, DEC, FEC). Esses valores apontam falhas na entrega do serviço ao cliente, analisando a duração das interrupções e a frequência das ocorrências.

Para associar esses conjuntos foram criados quatro agrupamentos principais.

- Interno ao serviço, criando índices entre os indicadores atualmente empregados, ampliando a percepção sobre a prestação do serviço específico.
- Métricas instantâneas, criando índices que interligam as medidas dos conjuntos e monitoram o andamento de ambas as áreas envolvidas: Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica.
- Novos indicadores, criando novas métricas necessárias ao controle e monitoramento do desempenho do processo.
- Satisfação do usuário, que usa indicadores existentes de conectividade e reclamações do usuário para controlar a estabilidade da rede de Telecomunicações, sobretudo.

Para relacionar essas informações foi selecionada a Lógica Fuzzy e criada uma padronização nas análises de forma que possa permear todo o processo de forma unificada, evitando, como apresentado anteriormente, análises distintas em sistemas voltados ao mesmo fim.

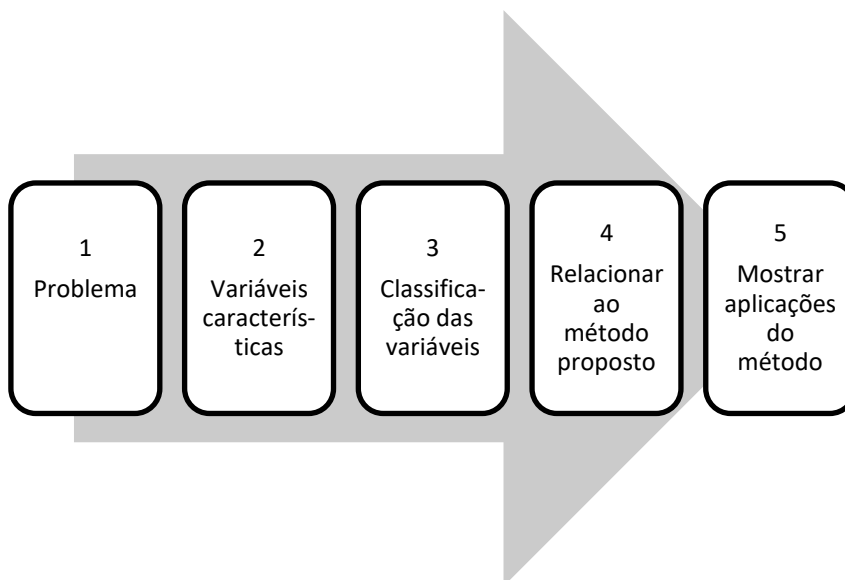
#### **4.5.1 Considerações sobre os indicadores para criação de índices**

Desde as premissas da Introdução deste trabalho, busca-se efetivar uma rede de Telecomunicações com suporte de comunicação eficiente para a de Distribuição de Energia Elétrica. Nesse contexto, o trabalho foca em indicadores de desempenho operacional e suas variações, a partir das concessões públicas dos dois serviços especificados.

Para conceber os índices, sub-índices e indicadores entre os atualmente existentes nas agências reguladoras dos serviços de Telecomunicações e de Distribuição de Energia Elétrica, foram criadas algumas orientações, fundamentadas nos conceitos apresentados anteriormente e associados à REI (Figura 4.7).

- 1) Monitoramento instantâneo dos indicadores a partir da comunicação.
- 2) Associação de indicadores para índices mais complexos e abrangentes.
- 3) Resultados que possibilitem facilidade de controle ao cliente dos serviços.
- 4) Controle em tempo real de falhas e eventos nos sistemas.
- 5) Melhorar qualidade geral do serviço público prestado pela iniciativa privada através das concessões.

Figura 4.7 – Estrutura da metodologia proposta para análise de desempenho



Fonte: do Autor

Analisando a Figura 4.7, pode-se dizer que *Problema* consiste na integração dos indicadores da Anatel e Aneel, encontrando relações que permitam interatividade entre os mesmos, além de novas oportunidades no cenário futuro. Na continuidade do processo, foram estudadas *Variáveis Características* que compõem o estudo, selecionando:

- Conjunto Anatel → SMP7, SMP8, SMP9, SMP10, SMP11, REL e RAI (STFC), SCM4, SCM5, SCM8, SCM9, meio e topologia, Satisfação Geral Percebida SCM e SMP;
- Conjunto Aneel → continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica (DIC, FIC, DEC, FEC, DMIC, IASC).

Os condicionantes para uso de cada indicador na composição do índice é realizado em *Classificação das Variáveis*. Para isso, foram analisados os dois conjuntos principais e organizados de acordo com as influências geradas e premissas estabelecidas nos agrupamentos iniciais da metodologia elaborada.

Em *Relacionar ao Método Proposto* busca-se realizar os filtros necessários para que se possam aplicar os valores na ferramenta matemática para colher os resultados em *Mostrar Aplicações do Método*, onde, efetivamente, ocorrem as saídas.

#### 4.5.2 Detalhes da metodologia aplicada

Para estabelecer o relacionamento entre os indicadores foram analisados os dados e estabelecidas algumas considerações, tais como:

- ponto comum entre as entradas;
- afetação ao cliente;
- capacidade de originar novas análises;
- aplicação do resultado como índice de desempenho operacional.

O equacionamento básico obedece à teoria dos conjuntos Fuzzy (PROFILLIDIS & BOTZORIS, 2019) e segue a estrutura geométrica trapezoidal, conforme a Equação 4.8 apresenta. Essa forma foi escolhida por estabelecer patamares de estabilidade para os níveis de qualidade a serem avaliados.

$$\mu_F(\text{variável}) = \begin{cases} \frac{\text{variável} - a}{b - a}, & a \leq \text{variável} \leq b \\ 1, & \\ \frac{d - \text{variável}}{d - c}, & c \leq \text{variável} \leq d \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4.8)$$

Para o Quadro 4.5 convém esclarecer que as classificações das variáveis analisadas dependeram do comportamento e atendimento das mesmas no indicador original, onde as metas são fixadas por regulação específica de Anatel ou Aneel. (ANEEL, 2020) (ANATEL, 2020a).

Quadro 4.5 – Classificação das variáveis para os controladores Fuzzy

Variável	Classificação	Variável a partir da meta regulada	Nível de qualidade
Entrada/Saída	PÉSSIMO	< 1 ou 2 pontos percentuais da meta	0 – 0,3
	RUIM	Até 1 ou 2 pontos percentuais da meta	0,2 – 0,6
	BOM	Na meta, até 1 ponto percentual acima	0,5 – 0,9
	EXCELENTE	> 1 ponto percentual da meta	0,8 – 1

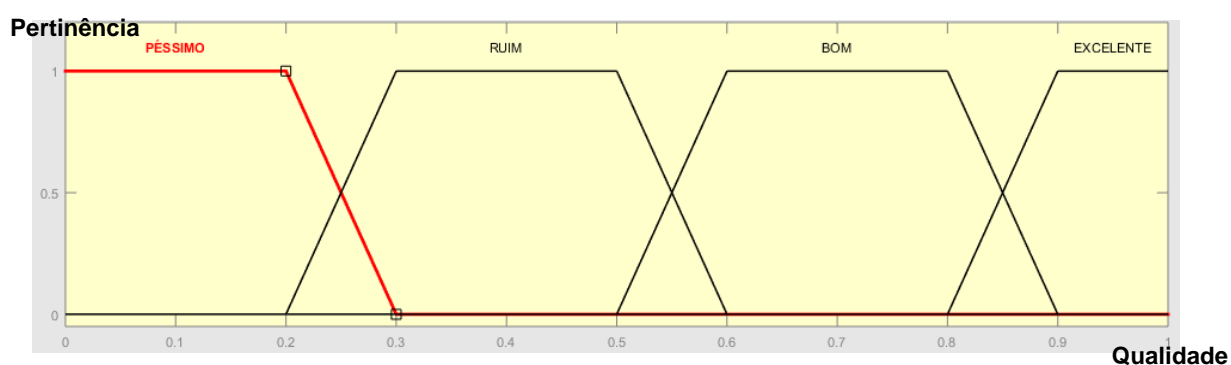
Fonte: do Autor

Ao analisar os valores originais da Anatel (2020a), percebeu-se uma distribuição ampla a partir das metas, com a maioria não sendo atingida. Mesmo assim foi realizada esta divisão, sendo que devido a alguns terem metas de 2%, por exemplo, apenas 1 ponto percentual de variação representa uma margem

considerável. Além disso, os resultados a partir da Aneel (2020) têm outro significado, aproximando as metas e atingindo o estabelecido em grande parte dos resultados das empresas envolvidas. No entanto, esses valores são distintos para as concessionárias. Assim, criou-se uma normalização para entrada dos valores nos fuzzificadores.

Os níveis de qualidade parametrizados para os índices a serem criados está no Quadro 4.5 e a geometria específica, basicamente, obedece à estrutura da Figura 4.8 para implementação nos defuzzificadores, onde as regras de cada métrica ainda recebem o regramento que a enquadra em uma ou outra área do gráfico.

Figura 4.8 – Estrutura para os defuzzificadores



Fonte: do Autor

Assim, o controlador, montado em Matlab 15 Versão Estudante, emite suas saídas a partir das inferências, geometria e regras, podendo colocar os valores em pesos inferidos pela qualificação que a Lógica Fuzzy permite ou escalonar dentro do nível de qualidade atingido em parâmetros agrupados de forma padronizada para todas as entradas (Figura 4.9 e Quadro 4.5).

Normalmente, as aplicações da Lógica Fuzzy associam suas análises com os conceitos selecionados, neste caso: PÉSSIMO, RUIM, BOM e EXCELENTE. Vale ressaltar que se pode usar o nível de qualidade e retirar o valor associado a este para quantificar a análise dentro de cada controlador utilizado, algo que pode ser preferível quando se trata de uma metodologia para análise de desempenho operacional.

#### 4.5.2.1 Valor Unitário de Indicador (VUI)

Sobre os indicadores de continuidade da Distribuição de Energia Elétrica convém ressaltar que são administrados conforme regiões e estrutura da concessionária. Assim, suas analogias serão referenciadas a um Valor Unitário de Indicador (VUI) criado especificamente para esse gerenciamento.

A meta estipulada será a referência e, com isso, associada a 1 VUI. Por exemplo, para a aplicação da metodologia utilizou-se a região de Sete Lagoas/MG, onde existe um projeto de REI implantado. Nesse caso, se o valor encontrado ficar igual à meta tem-se a unidade; se for maior, o resultado será maior que um e vice-versa, para resultado menor que o estabelecido no regulamento. O Quadro 4.6 apresenta um cenário arbitrado para essa região brasileira a partir da Equação 4.9.

$$VUI = \frac{\text{Valor registrado}}{\text{Valor da meta Aneel}} \quad (4.9)$$

Quadro 4.6 – Metas da Região de Sete Lagoas/MG transformadas para VUI

Indicador	Meta regulada	Valor arbitrado	VUI equivalente	Classificação
DIC	< 5,07 h	6,1 h	1,2	PÉSSIMO
FIC	< 3,17 interrupções	3,4	1,07	RUIM
DEC	< 10 h	8 h	0,8	EXCELENTE
FEC	< 7 interrupções	6,8	0,97	BOM
DMIC	< 2,94 h	2,9	0,99	BOM
IASC	> 63,66	68,9	1,08	BOM

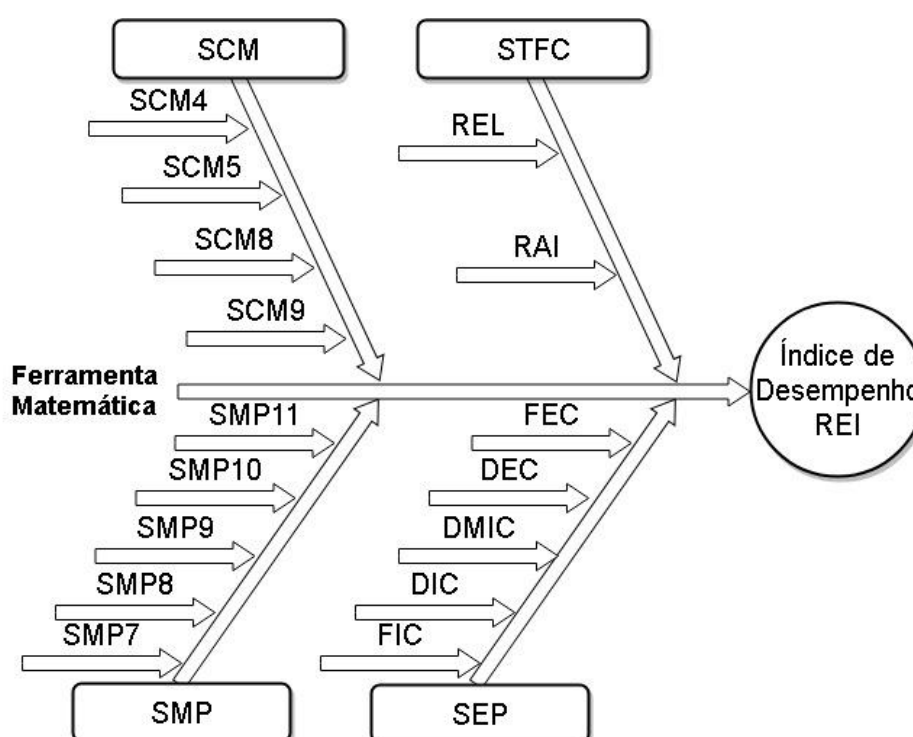
Fonte: do Autor

Com isso, os fuzzificadores podem ser alimentados com o valor VUI equivalente ao encontrado, dispensando análises e ajustes preliminares para encaixar os valores de classificação nos critérios estabelecidos na Lógica Fuzzy para este trabalho: PÉSSIMO, RUIM, BOM e EXCELENTE.

### 4.5.3 Entradas para aplicação da metodologia

A partir da estrutura organizacional apresentada foi elaborada a Figura 4.9, que ilustra o processo da metodologia a partir de suas entradas e a ferramenta relacional utilizada, neste caso, a Lógica Fuzzy.

Figura 4.9 – Áreas e indicadores a serem relacionados na análise de desempenho operacional



Fonte: do Autor

Além desse conjunto de indicadores envolvidos, ainda utilizaram-se os conceitos de meio e topologia de rede de Telecomunicações para estabelecer outro indicador de qualidade da infraestrutura de comunicação. Ainda complementam essas informações os dados de satisfação geral dos usuários obtidos pelas agências reguladoras.

Conforme dados apresentados anteriormente, estes quatro grupos (SMP, SEP, SCM, STFC) formam as áreas e indicadores das principais fontes interligadas à REI brasileira. Ao selecionar as métricas associadas em cada grupo e relacioná-las através da ferramenta matemática se obterá a saída pretendida, que poderá ser um índice ou indicador de desempenho operacional. O conjunto de respostas forma a metodologia para monitoramento da REI.

Como são diversas entradas e a teoria de conjuntos limita a resposta ao todo, valor unitário, foram criados agrupamentos específicos, com denominações apropriadas para apontar novos índices de desempenho operacional. Opcionalmente, poderão ser incluídos novos resultados a partir das entradas de topologia, tecnologia e outras características de rede, tanto do serviço de Distribuição de Energia Elétrica quanto de Telecomunicações, para avaliação da infraestrutura pela ferramenta computacional.

A ferramenta matemática foi escolhida a partir das ponderações entre os indicadores, suas características e analogias distintas. A Lógica Fuzzy (ZADEH, FUZZY SETS - Information Control, vol.8, 1965) de Mamdani (CAVALCANTI et al, 2012) mostrou-se apropriada para implementação e retirada de resultados, embora não tenham sido encontradas aplicações desta para indicadores de desempenho operacional, o que se mostrou uma inovação na aplicação deste recurso.

Conforme apresentado na Revisão Bibliográfica, a Lógica Fuzzy é utilizada em vários processos de otimização e controle, como ferramenta principal ou auxiliar de outros métodos. Nesta aplicação é utilizada como meio relacional entre os indicadores associados de forma a criar novas métricas, conforme a necessidade e o aspecto a ser analisado e quantificado. Assim, através dela foi possível diminuir as incompatibilidades entre os valores atualmente praticados e obter resultados, conforme a Figura 4.9 mostrou.

#### *4.5.3.1 Classificação das variáveis analisadas*

Para criar os índices e realizar as associações nos controladores da Lógica Fuzzy é necessário associar as regras de inferência às variáveis selecionadas inicialmente. O Quadro 4.7 apresenta a classificação dos indicadores para o SCM. Este serviço caracteriza a comunicação de dados em banda larga fixa e licença específica. Os indicadores selecionados (SCM4, SCM5, SCM8, SCM9) formam um conjunto que avalia a eficiência das conexões e das velocidades de transferência de informação disponibilizadas e garantidas.



Quadro 4.7 – Dados para controlador a partir dos indicadores SCM

Indicador	Meta	Péssimo	Ruim	Bom	Excelente
SCM4	≥ 95%	< 93%	93% ≤ Valor < 95%	95% ≤ Valor < 96%	≥ 96%
SCM5	≥ 80%	< 75%	75% ≤ Valor < 80%	80% ≤ Valor < 85%	≤ 85%
SCM8	≤ 2%	> 3%	2% < Valor ≤ 3%	1% < Valor ≤ 2%	≤ 1%
SCM9	≥ 95%	< 93%	93% ≤ Valor < 95%	95% ≤ Valor < 96%	≥ 96%

Fonte: do Autor

O Quadro 4.8 delimita os indicadores e suas classificações para os indicadores do SMP. As variações ficam dentro da especificada na metodologia, exceto para o SMP11 que se admite uma variação de 5 pontos percentuais, pois sua margem é maior que os demais e a maioria das empresas não atinge a meta (ANATEL, 2020b). Para os demais indicadores (SMP7, SMP8, SMP9, SMP10) a aplicação é voltada, especificamente, para a comunicação, dados ou voz, via rede de telefonia móvel.

Quadro 4.8 – Dados para controlador a partir dos indicadores SMP

Indicador	Meta	Péssimo	Ruim	Bom	Excelente
SMP7	≤ 2%	> 3%	2% < Valor ≤ 3%	1% < Valor ≤ 2%	≤ 1%
SMP8	≥ 98%	< 96%	96% ≤ Valor < 98%	98% ≤ Valor < 99%	≥ 99%
SMP9	< 5%	> 7%	7% ≥ Valor > 5%	5% ≥ Valor < 4%	≤ 4%
SMP10	≥ 95%	< 93%	93% ≤ Valor < 95%	95% ≤ Valor < 96%	≥ 96%
SMP11	≥ 80%	< 75%	75% ≤ Valor < 80%	80% ≤ Valor < 85%	≤ 85%

Fonte: do Autor

Os dados de reclamação de assinantes de telefonia móvel foram ignorados para esta análise por usarem os mesmos meios e enlaces da comunicação de dados e serem atendidos pelos indicadores selecionados.

Para o Quadro 4.9 são apresentadas as classificações dentro dos indicadores elencados no Prodist da Aneel, Módulo 8, e selecionados para avaliação neste trabalho. Deve-se ressaltar que as metas escolhidas apontam para sistemas interligados, com tensão de alimentação inferior a 1 kV em áreas urbanas, adotando a primeira faixa de variação dos valores para DEC e FEC, conforme Tabela 4 do Anexo 1 (ANEEL, 2017a) para a região Cemig Sete Lagoas/MG que possui um

projeto de REI usado para avaliação de caso real no Capítulo 7. O período adotado é o mensal que busca alinhar valores mensurados pela Anatel. Além disso, conforme apresentado no Quadro 4.6, será utilizado o VUI correspondente para classificar os níveis de qualidade de cada item.

Quadro 4.9 – Dados para controlador a partir dos indicadores Prodist

Indicador	Meta regulada Exemplo Cemig	Péssimo	Ruim	Bom	Excelente
DIC	< 5,07 h	> 1,1	1,1 ≥ Valor ≥ 1	1 > Valor > 0,9	≤ 0,9
FIC	< 3,17 interrupções				
DEC	< 10 h				
FEC	< 7 interrupções				

Fonte: do Autor

Para o Quadro 4.10 foram classificados os indicadores oriundos do STFC de acordo com os requisitos anteriores e metas estabelecidas no regulamento específico. Onde RAI aponta o número de solicitações de reparo e REL a taxa de reclamações, sinalizando problemas de comunicação para os clientes STFC, normalmente afetado por camadas iniciais do Modelo OSI (meio e enlace), o que pode sinalizar problemas críticos e estruturais em Telecomunicações.

Quadro 4.10 – Dados para controlador a partir dos indicadores STFC

Indicador	Meta	Péssimo	Ruim	Bom	Excelente
REL	≤ 2%	> 3%	3% ≥ Valor > 2%	2% ≥ Valor > 1%	≤ 1%
RAI	≤ 2%	> 3%	3% ≥ Valor > 2%	2% ≥ Valor > 1%	≤ 1%

Fonte: do Autor

O Quadro 4.11 retoma a classificação para *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO*, adaptado para o indicador qualidade da infraestrutura de Telecomunicações a ser desenvolvido na sequência. Esse indicador vai tratar apenas entradas da camada física, enlace e rede do Modelo OSI. (TANEMBAUM, 2006).

Quadro 4.11 – Dados para controlador da infraestrutura de Telecomunicações

<b>Entrada</b>	<b>Péssimo</b>	<b>Ruim</b>	<b>Bom</b>	<b>Excelente</b>
TOPOLOGIA	Barramento	Barramento	Estrela	Anel
MEIO	Par Metálico	Coaxial/Par trançado	Ar	Fibra ótica

Fonte: do Autor

Com essa classificação estabelecida, dentro da metodologia proposta, é possível analisar os indicadores, propor relações e criar índices relacionais entre as áreas de Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica.

#### 4.5.3.2 Agrupamentos da metodologia de análise de desempenho operacional

Para consolidar a metodologia foram criados grupos onde ocorrem a união dos indicadores atuais, a proposta das novas métricas conjuntas e, a incorporação de novos valores que podem ser criados para melhorar o sistema atualmente em uso. A Figura 4.10 apresenta a estrutura da análise de desempenho operacional como um todo.

Figura 4.10 – Agrupamentos de métricas proposta pelo novo conjunto de indicadores e índices de desempenho operacional



Fonte: do Autor

O primeiro grupo, índices específicos, busca encontrar novos valores dentro de cada área, quer seja Telecomunicações, quer seja Distribuição de Energia Elétrica. Ou seja, estabelece índices e indicadores a partir das medidas praticadas para obter respostas mais abrangentes, ampliando o monitoramento.

Neste caso enquadram-se os índices REI01, que mede a capacidade da rede de Telecomunicações em estabelecer e continuar a conexão de dados a partir das entradas SMP8/SCM9 e SMP9/SCM8, e REI02, que aponta a efetividade da taxa de transmissão de dados contratada pelo cliente, observando SMP10/SCM4 e SMP11/SCM5. Ambos analisam as entradas dependendo do tipo de tecnologia adotada para a comunicação. O indicador REI07 foi adicionado para estabelecer a qualidade da infraestrutura de Telecomunicações aplicada na conexão utilizada.

O segundo, índices de monitoramento instantâneo, por sua vez, busca controlar características para comunicação em tempo real, associando as medidas atuais de continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica, previamente selecionadas, com os indicadores de Telecomunicações existentes. Com isso, busca-se efetuar a medição dos indicadores de desempenho de forma automática. Nesse grupo, enquadram-se REI03, REI04, REI05 e REI06, relacionando SMP9/SCM8 (conexão de dados) com DIC, FIC, DEC e FEC.

O terceiro grupo, indicadores novos, preenche lacunas e faz uma análise dos valores atuais, apresentando a proposta de indicadores para melhorar a capacidade de controle das redes, buscando adaptá-las para as novas necessidades da REI. Nesse caso, enquadram-se SMP10i, SMP11i, SCM4i e SCM5i, equivalentes aos originais, mas com monitoramento individual dos valores, permitindo as composições conforme REI02 apresenta para os valores coletivos dos originais Anatel, em desenvolvimento similar posterior.

Por fim, ainda existe um quarto grupo, satisfação do cliente, formado por SMP7 (queda de ligações), DMIC (Duração máxima de interrupção individual), REL (reclamações dos clientes STFC), RAI (solicitações de reparos dos clientes STFC), Satisfação Geral SMP/SCM e IASC (satisfação do cliente Aneel). Esse agrupamento faz o controle individual e coletivo da satisfação do cliente e da estabilidade da rede que ele se encontra, apontando uma visão direta de sua percepção quanto à qualidade do serviço que está recebendo.

A partir desta metodologia e sua estrutura foram elaboradas as novas métricas, no próximo capítulo, detalhando suas composições, análises e resultados a serem atingidos para aplicação em estudo de caso e validação com dados reais.

## 5 ÍNDICES E INDICADORES DA METODOLOGIA

Embora exista uma primeira etapa que avalia a comunicação estabelecida para REI, a saída de análise de desempenho operacional se coloca como a principal ferramenta desta metodologia para monitoramento e controle, a partir de seus resultados.

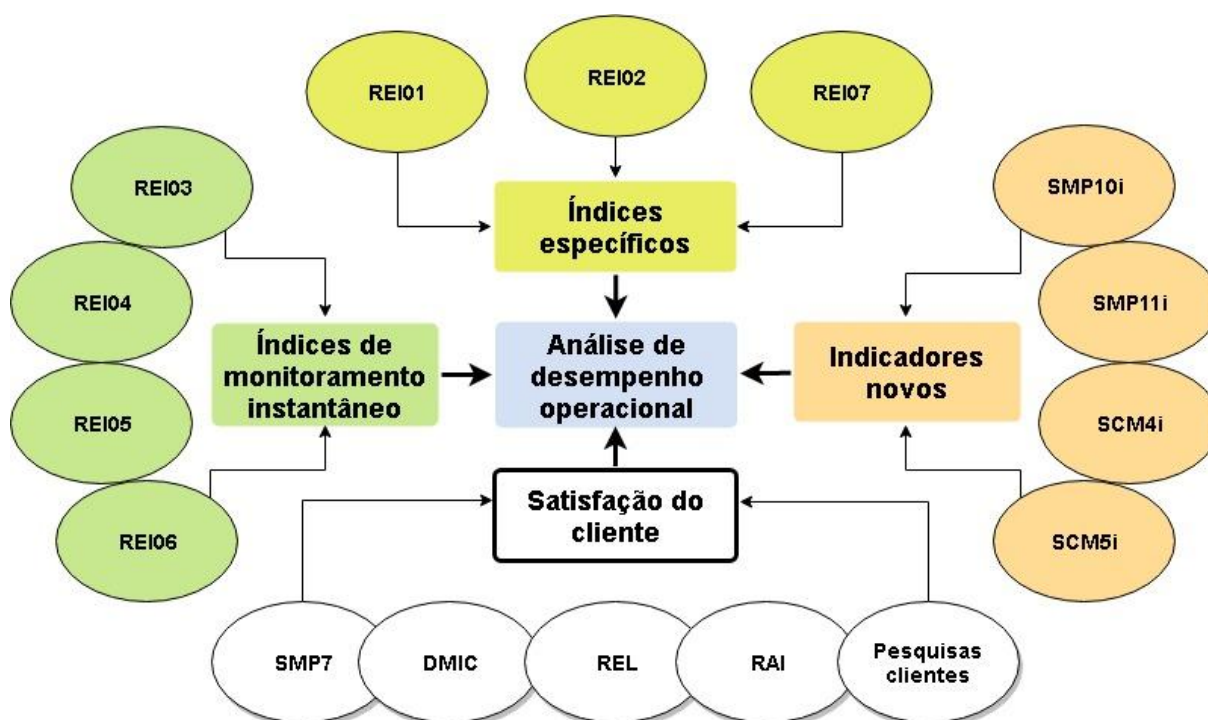
Através dos controladores de Mamdani, como defuzzificador (MAMDANI & ASSILIAN, 1975), foram colocados os conjuntos Fuzzy criados na metodologia para produção das saídas, conforme as regras associadas na máquina de inferência. Neste sentido, está sendo usada a Lógica Fuzzy como ferramenta relacional de indicadores operacionais para formulação de índices que compõem uma análise de desempenho operacional para REI.

Para estabelecer a metodologia proposta foram desenvolvidos indicadores ou índices associados às entradas especificadas, com nomenclatura e descrição como segue:

- REI01 – Índice de estabelecimento e continuidade da conexão de dados.
- REI02 – Índice de garantia da taxa de transmissão contratada.
- REI03 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções individuais.
- REI04 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções individuais.
- REI05 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções coletivas.
- REI06 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções coletivas.
- REI07 – Indicador de qualidade da infraestrutura de Telecomunicações.
- SMP10i/SCM4i – Indicador individual da taxa instantânea de transferência de dados.
- SMP11i/SCM5i – Indicador individual da taxa média de transferência de dados.

Esses indicadores e índices propostos ainda são agrupados conforme a Figura 5.1 apresenta.

Figura 5.1 – Agrupamentos a partir da metodologia de análise de desempenho operacional



Fonte: do Autor

Observando os agrupamentos propostos é possível verificar que o objetivo dessa metodologia de análise de desempenho operacional é permitir resultados da qualidade da REI fornecida a partir dos dados atualmente praticados. Os novos indicadores e índices são detalhados na sequência.

## 5.1 ÍNDICES E INDICADORES ESPECÍFICOS

Esse grupo aumenta a análise das métricas atualmente praticadas para ampliar suas respostas.

### 5.1.1 REI01 – Índice de estabelecimento e continuidade da conexão de dados

Esse índice mede a capacidade que a rede de Telecomunicações possui de estabelecer uma conexão de dados e manter sua continuidade. Sua estrutura está baseada nos indicadores SMP8/SCM9 e SMP9/SCM8, respectivamente, de acordo com a rede de comunicação utilizada. O regramento usado no índice é apresentado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI01

Regra	Entrada 1 (SMP8/SCM9)	Entrada 2 (SMP9/SCM8)	Saída (REI01)	Valor
1	PÉSSIMO	≠ EXCELENTE	PÉSSIMO	0 – 0,3
2	PÉSSIMO	EXCELENTE	RUIM	0,2 – 0,6
3	RUIM	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
4	RUIM	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
5	RUIM	RUIM/PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
6	BOM	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
7	BOM	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
8	BOM	BOM	BOM	0,5 – 0,9
9	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
10	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
11	EXCELENTE	BOM	BOM	0,5 – 0,9
12	EXCELENTE	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
13	EXCELENTE	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3

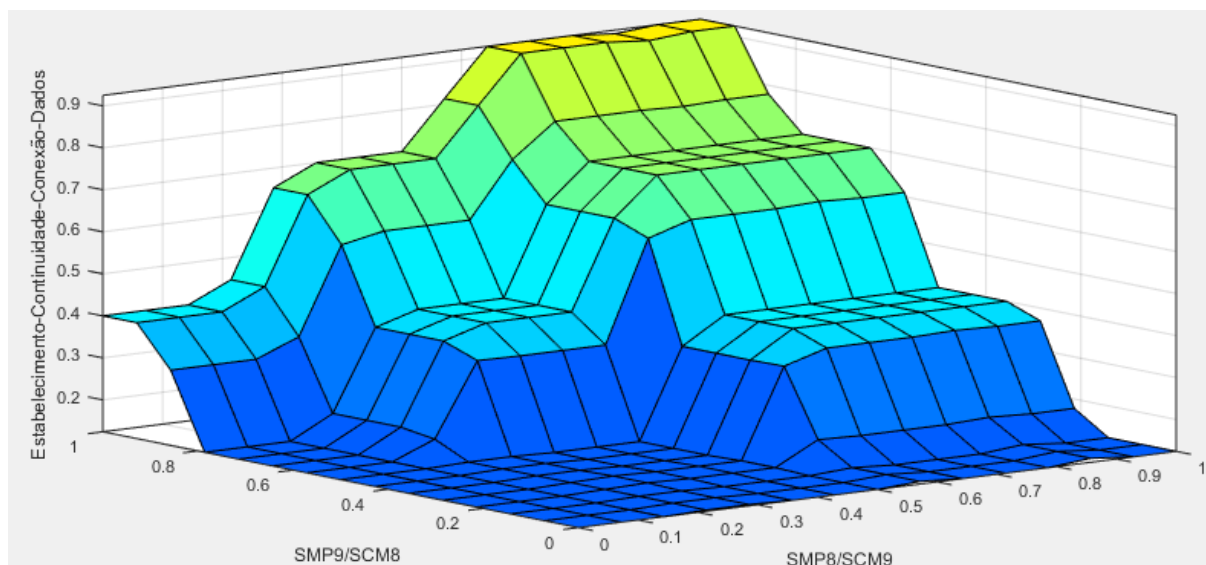
Fonte: do Autor

O índice REI01 apresenta a união dos indicadores Anatel que verificam taxa de conexão/disponibilidade da rede com relação às quedas e perdas de pacotes de comunicação. No SMP essas informações em conjunto sinalizam a permanência do sinal e da conectividade do equipamento, com qualidade na mesma. No SCM, similarmente, aponta o quanto a rede está disponível e transporta todas as informações.

Isso significa que uma rede com maior índice de estabelecimento e continuidade da conexão fornece informações com maior confiabilidade e eficiência para operação remota e implantação de sistemas autônomos na REI, uma premissa básica desta.

Assim, com um conjunto de regras associadas (inferências) é possível criar a Figura 5.2 de saída, uma superfície que permite inferir sobre os níveis do índice criado, suas regiões de transição e valores de saída.

Figura 5.2 – Superfície para o índice REI01



Fonte: do Autor

Analisando a Figura 5.2 percebe-se que na medida em que os indicadores vão evoluindo para a excelência, o índice de saída também vai obedecendo ao crescimento e vice-versa. A partir do quadro e da figura apresentados é possível detalhar a análise de resultados.

Assim, para REI01 pode-se assumir que qualquer entrada para SMP8/SCM9 (conexão) dada como PÉSSIMO, aponta um resultado PÉSSIMO, exceto se SMP9/SCM8 (queda de conexão) for EXCELENTE, o que sinaliza saída RUIM. Se for RUIM para SMP8/SCM9, a saída vai decrescendo de acordo com SMP9/SCM8, ou seja, EXCELENTE, saída BOM; BOM, saída RUIM; RUIM/PÉSSIMO, saída PÉSSIMO. Essas informações resumem o Quadro 5.1 que apresenta todas as regras implementadas no controlador e representadas pela Figura 5.1 com uma estrutura sólida e organizada, mostrando a consistência da lógica empregada.

### 5.1.2 REI02 – Índice de garantia da taxa de transmissão contratada

Esse índice mede a capacidade que a rede de Telecomunicações possui de garantir a velocidade contratada pelos clientes durante o mês e durante o PMT. Sua estrutura está baseada nos indicadores SMP10/SCM4 e SMP11/SCM5, respectivamente, de acordo com a rede de comunicação utilizada. O regramento usado no índice é apresentado no Quadro 5.2.



Quadro 5.2 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI02

Regra	Entrada 1 (SMP10/SCM4)	Entrada 2 (SMP11/SCM5)	Saída (REI02)	Valor
1	PÉSSIMO	≠ EXCELENTE	PÉSSIMO	0 – 0,3
2	PÉSSIMO	EXCELENTE	RUIM	0,2 – 0,6
3	RUIM	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
4	RUIM	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
5	RUIM	RUIM/PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
6	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
7	BOM	BOM	BOM	0,5 – 0,9
8	BOM	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
9	BOM	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
10	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
11	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	0,8 – 1
12	EXCELENTE	RUIM	BOM	0,5 – 0,9
13	EXCELENTE	PÉSSIMO	RUIM	0,2 – 0,6

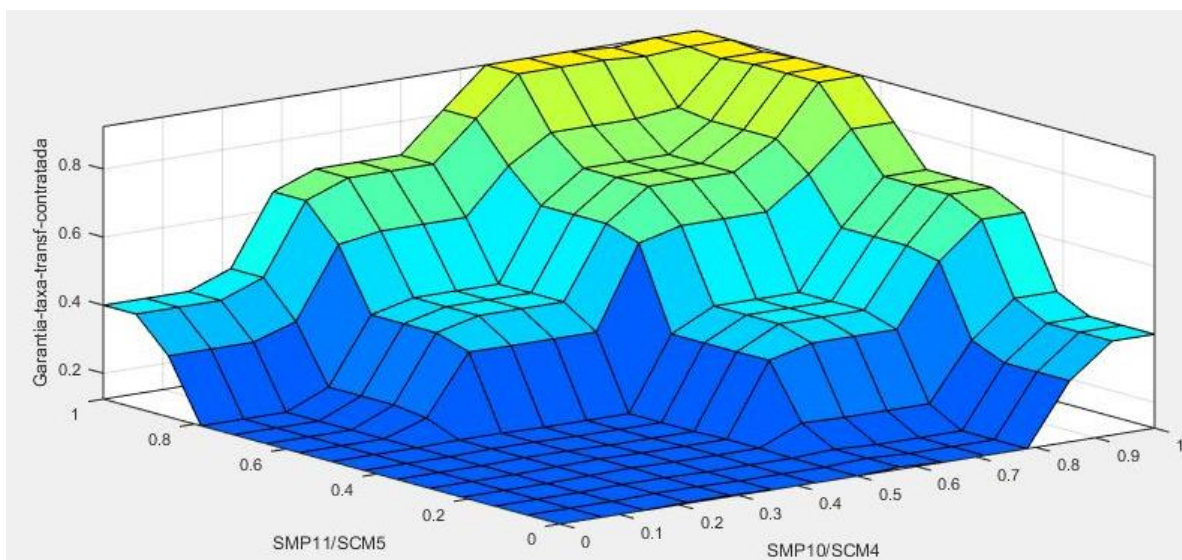
Fonte: do Autor

O índice REI02 apresenta a união dos indicadores Anatel que verificam a garantia de taxa mínima de transferência de dados contratada junto à operadora. Neste caso, essas informações unidas mostram o quanto a empresa está fornecendo do serviço que foi contratado.

Resumidamente, se o cliente estiver recebendo o serviço devidamente contratado, em termos de capacidade de transferência de dados, estará condicionado à meta, significando BOM. Se estiver acima disso, passa para EXCELENTE. Essa premissa permite que a rede comporte totalmente o tráfego de dados que está sendo direcionado para ela durante todo o período do PMT, ao menos. Essa observação é importante, pois os indicadores da Anatel são mensurados somente nesse período.

Assim, foi criado um conjunto de regras para realizar as inferências e alcançar a avaliação do índice na saída do controlador com uma superfície que permite avaliar os resultados capazes de serem atingidos (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Superfície para o índice REI02



Fonte: do Autor

Analisando a Figura 5.3 é possível concluir que há um equilíbrio entre as entradas, pois ambas estão direcionadas para velocidades contratadas. Assim, para REI02 pode-se assumir que qualquer entrada para SMP10/SCM4 (40% da taxa de download) dada como PÉSSIMO, aponta um resultado PÉSSIMO, exceto se SMP11/SCM5 (80% da taxa média de transferência) for EXCELENTE, o que sinaliza saída RUIM. Se for RUIM para SMP10/SCM4, a saída fica um nível abaixo da outra entrada (SMP11/SCM5), ou seja, EXCELENTE, saída BOM; BOM, saída RUIM; RUIM/PÉSSIMO, saída PÉSSIMO. Cabe salientar-se que foi escolhida uma condição especial para as entradas em BOM e EXCELENTE, caracterizando saída em EXCELENTE para esses casos, pois estariam dentro da meta. Essas informações resumem o Quadro 5.2 que apresenta as regras implementadas no controlador. A estrutura da Figura 5.3, sólida e organizada, mostra a consistência da lógica empregada, conforme apresentado para a Figura 5.2.

### 5.1.3 REI07 – indicador de qualidade da infraestrutura de telecomunicações

A partir do indicador anteriormente apresentado para qualidade da rede de Telecomunicações, que utilizava as entradas *meio*, *topologia* e *tecnologia*, foi desenvolvido um indicador mais atrativo para a análise de desempenho retirando o terceiro valor, pois as tecnologias evoluem muito rapidamente e requerem uma constante atualização dos dados.

Para esse indicador foram usadas as entradas oriundas da infraestrutura de comunicação estabelecida, no caso: *meio* e *topologia*. Como *tecnologia* constitui-se de protocolos e tecnologias aplicadas a clientes finais, utiliza camadas superiores do Modelo OSI, apresentado anteriormente, caracterizando sua associação com TI.

Este indicador estabelece uma relação de qualidade da infraestrutura de rede em nível de meio e topologia associada para o enlace. Sua análise isolada pode apontar valores baixos para algumas aplicações, mas, em conjunto com as demais métricas, sinaliza ao órgão regulador e aos clientes qual a categoria de comunicação adotada, permitindo que se possa verificar se essa classificação atende os requisitos daquele ponto específico.

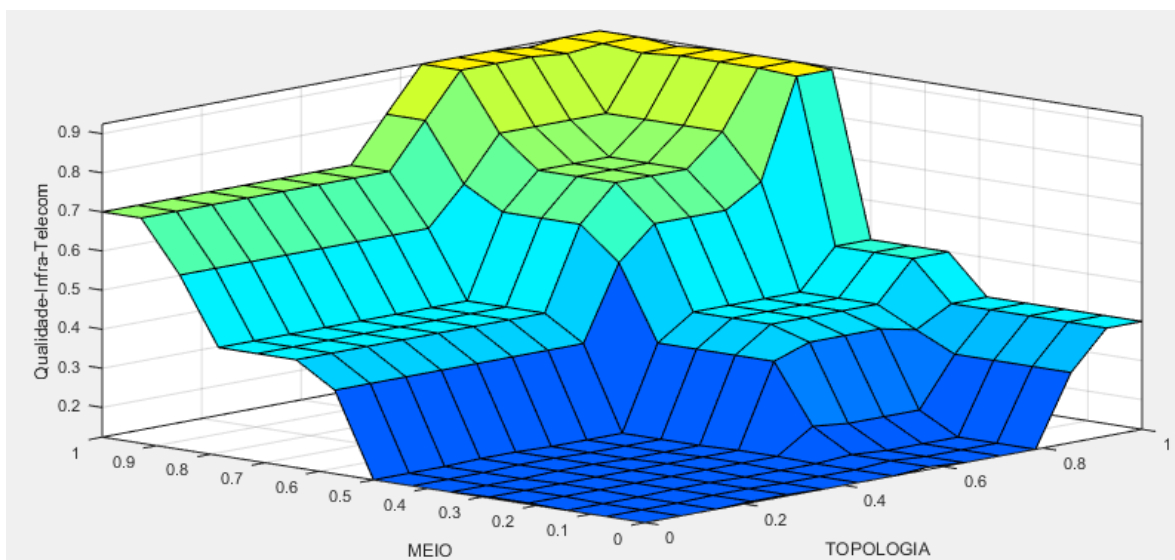
Para uma classificação tida como PÉSSIMA significa que a rede de comunicação tem baixa qualidade para transporte de informações em grandes volumes. Mas, se for uma conexão individual esta pode significar uma perda extremamente pequena para o todo, tornando a solução aplicável. Por outro lado, se a necessidade de transporte de informações for alta, ou estiver em elevação nesse ponto, esse sinal pode alertar os envolvidos sobre o risco que se assume nessa conexão. Sua estrutura obedece o Quadro 5.3 e a Figura 5.4.

Quadro 5.3 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI07

Regra	Entrada 1 (TOPOLOGIA)	Entrada 2 (MEIO)	Saída (REI07)	Valor
1	PÉSSIMO	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
2	PÉSSIMO	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
3	PÉSSIMO	RUIM/PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
4	RUIM	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
5	RUIM	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
6	RUIM	PÉSSIMO/RUIM	PÉSSIMO	0 – 0,3
7	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
8	BOM	BOM	BOM	0,5 – 0,9
9	BOM	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
10	BOM	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3
11	EXCELENTE	EXCELENTE/BOM	EXCELENTE	0,9 – 1
12	EXCELENTE	RUIM	BOM	0,5 – 0,9
13	EXCELENTE	PÉSSIMO	RUIM	0,2 – 0,6

Fonte: do Autor

Figura 5.4 – Superfície para o índice REI07



Fonte: do Autor

O indicador REI07 forma-se a partir das entradas anteriormente apresentadas no Quadro 5.3. Essa métrica não utiliza valores numéricos diretamente, o que implica na associação direta dos valores com as categorias estabelecidas nos controladores Fuzzy. A partir das regras deste produz-se a saída da Figura 5.6.

Analisando a Figura 5.4 percebe-se uma leve distorção causada pela entrada de apenas três tipos de topologias: barramento, estrela e anel. Dessa forma, o valor barramento foi associado duplamente às categorias PÉSSIMO e RUIM. Estrela assume um patamar BOM e anel é a classe tomada como EXCELENTE.

## 5.2 ÍNDICES DE MONITORAMENTO INSTANTÂNEO

Este grupo realiza a integração de indicadores praticados para garantir o monitoramento em tempo real das falhas de interrupção dos serviços, tanto coletivas quanto individuais.

### 5.2.1 REI03 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções individuais

Esse índice mede a capacidade que a REI possui de apurar instantaneamente as informações de interrupções ocorridas a partir da comunicação e estrutura de Distribuição de Energia Elétrica. Para isso analisa os indicadores de

comunicação: SMP9 (perda de conexão de dados) ou SCM8 (perda de pacotes de dados) em contrapartida com o DIC (duração das interrupções).

As regras estabelecidas buscam ajustar esse índice à intenção de apontar falhas o mais rapidamente possível, forçando a apuração instantânea dos dados, permitindo, inclusive, análise de tendências que antecipem problemas para o cliente. Essa, inclusive, uma das premissas da REI em nível mundial. O regramento usado é apresentado no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI03

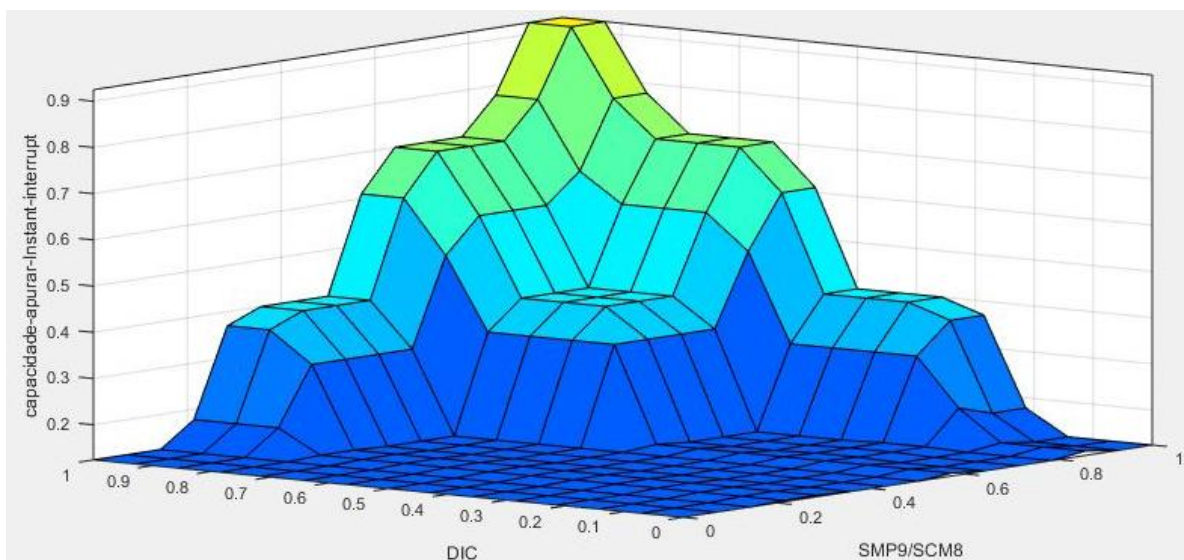
Regra	Entrada 1 (SMP9/SCM8)	Entrada 2 (DIC)	Saída (REI03)	Valor
1	PÉSSIMO	INDIFERENTE	PÉSSIMO	0 – 0,3
2	RUIM	EXCELENTE	RUIM	0,2 – 0,6
3	RUIM	≠ EXCELENTE	PÉSSIMO	0 – 0,3
4	BOM	PÉSSIMO/RUIM	PÉSSIMO	0 – 0,3
5	BOM	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
6	BOM	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
7	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
8	EXCELENTE	BOM	BOM	0,5 – 0,9
9	EXCELENTE	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
10	EXCELENTE	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3

Fonte: do Autor

O índice REI03 apresenta um índice híbrido que busca apresentar relações entre a apuração instantânea dos eventos marcados nos indicadores individuais de interrupção (DIC) e as perdas de pacotes ou de conexão na comunicação.

A partir das regras o controlador implementado produz a superfície de saída apresentada na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Superfície para o índice REI03



Fonte: do Autor

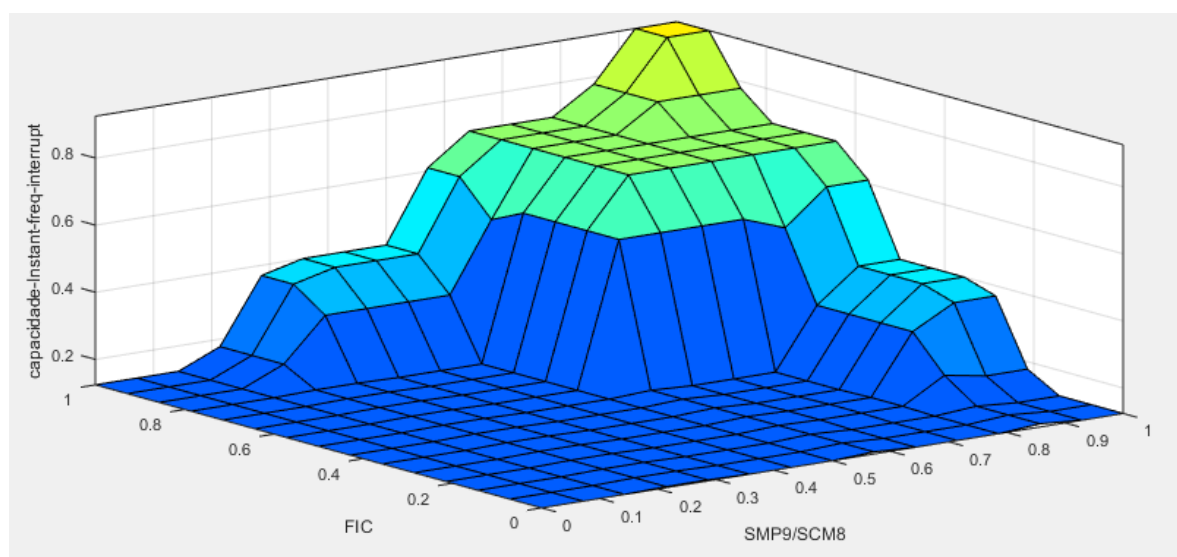
Analisando a Figura 5.5 pode ser verificado que níveis fora da meta para as entradas acarretam em valor PÉSSIMO de saída e apenas com EXCELENTE registrado para ambas as entradas a saída apresenta um valor EXCELENTE. As estruturas intermediárias também vão crescendo a partir de BOM em suas entradas. Nas análises efetuadas percebeu-se que é possível usar esta analogia para os demais índices de Distribuição de Energia Elétrica, caracterizando o monitoramento instantâneo dos mesmos, algo que a REI deverá implementar.

### 5.2.3 REI04 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções individuais

Esse índice apresenta a capacidade de apurar instantaneamente os eventos de interrupção no fornecimento de energia elétrica aos clientes, relacionando as perdas de conexão (SMP9) ou perdas de pacote (SCM8) com a frequência de interrupções por UC (FIC).

Como o anteriormente apresentado (REI03), este índice busca acompanhar o número de interrupções de forma instantânea e, para isso, necessita de uma rede altamente confiável e estável para a comunicação dos dados. A Figura 5.6 apresenta a superfície, já que as regras utilizadas são as mesmas de REI03 (Quadro 5.4).

Figura 5.6 – Superfície para o índice REI04



Fonte: do Autor

As análises efetuadas acabaram por utilizar as regras de REI03. Sua análise recupera a estrutura onde apenas uma situação de entradas EXCELENTE gera uma saída EXCELENTE. Situações onde ocorrem perdas nas entradas vão gerando perdas significativas na saída, conforme sinaliza a Figura 5.6. Como a relação é com a UC diretamente, os eventos podem apontar falha no cliente e a comunicação deve estar estável por todo tempo para permitir o monitoramento instantâneo da situação e dos eventos de curta duração.

#### **5.2.4 REI05 – Índice de capacidade de apuração instantânea de interrupções coletivas**

Esse índice ilustra a capacidade de apuração instantânea da duração dos eventos de interrupção de energia que afetam várias UCs. Para isso, relaciona as perdas de conexão (SMP9) ou pacotes de dados (SCM8) com o indicador de duração de interrupção coletiva (DEC).

Conforme os índices já apresentados é possível realizar uma analogia com o REI02, mas agora para a estrutura coletiva, computando falhas que afetam agrupamentos de clientes. O regramento usado é apresentado no Quadro 5.5.

Quadro 5.5 – Regras aplicadas para o controlador Fuzzy REI05

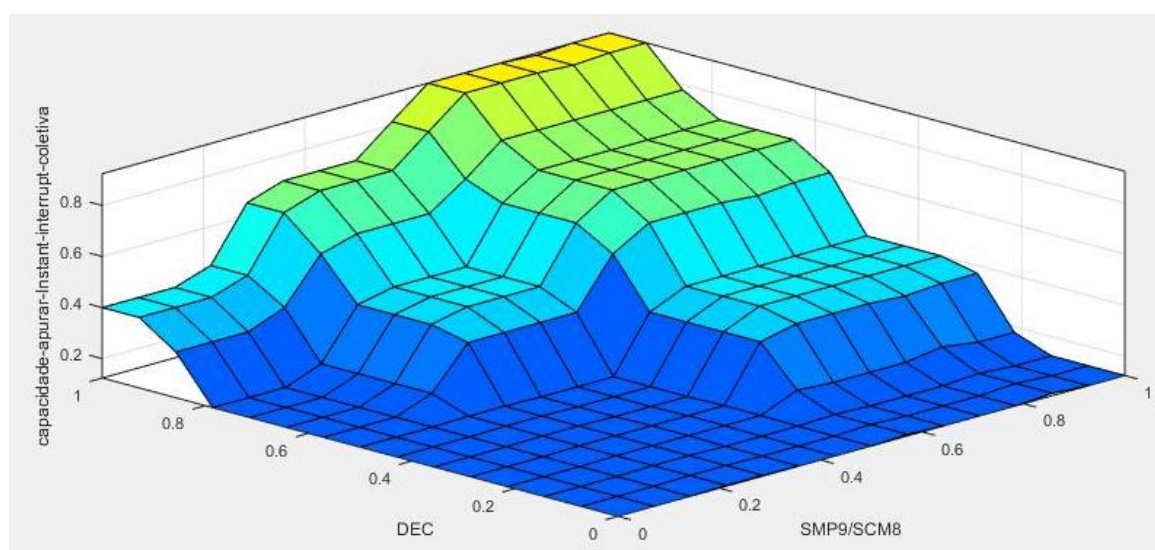
Regra	Entrada 1 (SMP9/SCM8)	Entrada 2 (DEC)	Saída (REI05)	Valor
1	PÉSSIMO	EXCELENTE	RUIM	0,2 – 0,6
2	PÉSSIMO	≠ EXCELENTE	PÉSSIMO	0 – 0,3
3	RUIM	EXCELENTE	BOM	0,5 – 0,9
4	RUIM	BOM	RUIM	0,2 – 0,6
5	RUIM	PÉSSIMO/RUIM	PÉSSIMO	0 – 0,3
6	EXCELENTE/BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	0,8 – 1
7	EXCELENTE/BOM	BOM	BOM	0,5 – 0,9
8	EXCELENTE/BOM	RUIM	RUIM	0,2 – 0,6
9	EXCELENTE/BOM	PÉSSIMO	PÉSSIMO	0 – 0,3

Fonte: do Autor

O índice REI05 apresenta um índice híbrido que busca apresentar relações entre a apuração instantânea do indicador coletivo de interrupção (DEC) e as perdas de pacotes ou de conexão na comunicação (SCM8 ou SMP9, respectivamente). Pela saída designada percebe-se, comparativamente com REI03, que há uma predominância do DEC para determinação das saídas, pois, neste caso, esta entrada também monitora um conjunto de clientes aumentando seu grau de importância na composição.

A partir das regras implementadas no controlador produz-se a superfície de saída apresentada na Figura 5.7.

Figura 5.7 – Superfície para o índice REI05



Fonte: do Autor



Analisando a Figura 5.7 percebe-se uma distribuição igualitária de pesos nas camadas baixas e intermediárias. Na camada BOM e EXCELENTE os resultados ficam mais associados ao DEC que prioriza a visão global da distribuição coletiva da energia elétrica e onde o indicador de Telecomunicações estando em BOM ou EXCELENTE não modifica a saída, que fica em função da outra entrada.

### **5.2.5 REI06 – Índice de capacidade instantânea de apurar a frequência de interrupções coletivas**

Esse índice apresenta a capacidade de apurar instantaneamente eventos coletivos de interrupção no fornecimento de energia elétrica, relacionando as perdas de conexão (SMP9) ou perdas de pacote (SCM8) com a frequência de interrupções por agrupamento de UC (FEC).

Como o anteriormente apresentado REI05, este índice busca acompanhar a frequência de interrupções a um conjunto de clientes de forma instantânea. As análises efetuadas acabaram por utilizar as mesmas regras de REI05 e, por consequência, a mesma superfície de saída também. Assim, sua estrutura se comporta como o Quadro 5.5 e Figura 5.7.

## **5.3 INDICADORES INDIVIDUAIS DE TELECOMUNICAÇÕES**

Para analisar esse grupo é necessário recuperar os dados originalmente praticados para a coletividade pela Anatel através de seus regimentos específicos para SMP e SCM. (ANATEL, 2018b) (ANATEL, 2020a)

- *SMP10* – precisando ser maior que 95% das medições com taxa de transmissão máxima contratada;
- *SMP11* – apresentando taxa média acima de 80% no mês.
- *SCM4* – velocidade instantânea superior a 95% das conexões realizadas e medidas, como o *SMP10*;
- *SCM5* – taxa média contratada acima de 80% do tempo disponível, como o *SMP11*;

Assim como o serviço de Distribuição de Energia Elétrica monitora alguns indicadores individuais para a prestação do serviço, como DIC e FIC que foram utilizados neste trabalho, a rede de Telecomunicações para a REI também deveria

ampliar sua análise até a prestação direta do serviço ao cliente, monitorando cada UC também com relação à comunicação de dados que transporta as informações necessárias para a efetividade da análise de desempenho operacional desenvolvida.

Propõe-se, para tanto, a criação de indicadores individuais para a prestação do serviço de Telecomunicações: SMP10i/SCM4i (taxa instantânea de transferência de dados) e SMP11i/SCM5i (taxa média de transferência de dados). Esses dois valores vêm controlar a garantia da entrega efetiva do pacote de serviço contratado ao cliente. O sufixo *i* busca identificar a característica individual da medição e seu prefixo remete ao indicador originalmente estabelecido pela Anatel, onde, cabe-se ressaltar, as empresas concessionárias costumam não atender a meta estipulada pela regulação, mesmo de forma coletiva. (ANATEL, 2020a) (ANATEL, 2020b).

Recuperando as informações originais dos indicadores, o SMP10 ou SCM4 estabelecem que em 95% do tempo a taxa instantânea de transferência de dados seja maior ou igual a 40% do valor contratado pelo cliente. Esse resultado remete à velocidade de download/upload das conexões de internet.

Quanto ao SMP11 ou SCM5, estabelecem que a concessionária deve garantir uma taxa de transmissão média nas conexões de dados de, no mínimo, 80% do valor máximo contratado pelo cliente.

Embora a Anatel obrigue as empresas a disponibilizarem software que realize as medições de taxas de transmissão de dados, os indicadores são consolidados de forma coletiva para apresentação. Com isso, numa conexão REI, onde Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica estejam diretamente interligadas, faz-se necessário que os clientes possuam monitoramento individual, garantindo a conectividade e efetividade da comunicação, para consolidar toda a estrutura de métricas apresentada.

#### 5.4 INDICADORES DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE

Para compor o quarto grupo da metodologia foram agrupados alguns valores existentes para criar uma análise da satisfação do cliente. Esse grupo é formado por:

- *SMP7* – calcula a taxa de queda de ligações SMP;

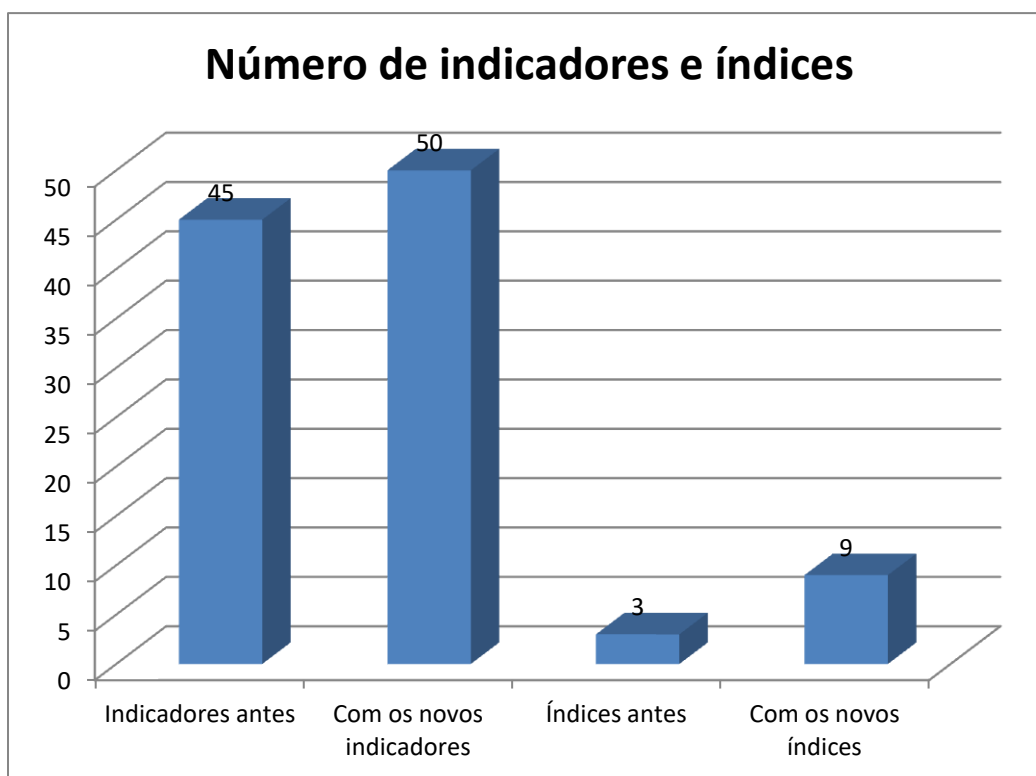
- *DMIC* – apresenta a Duração Máxima de Interrupção Contínua, trazendo o pior cenário enfrentando pelo cliente no serviço de Distribuição de Energia Elétrica;
- *REL* – calcula a taxa de reclamações STFC, mostrando a relação entre reclamações e número de clientes ativos na região registrando a insatisfação na prestação do serviço de telefonia fixa que pode estar diretamente associado à REI07 e infraestrutura de Telecomunicações;
- *RAI* – apresenta o número de solicitações de reparo STFC, registrando diretamente as falhas na prestação do serviço de telefonia pela concessionária;
- *IASC* – apresenta o Índice Aneel de Satisfação do Consumidor através de pesquisa com os usuários por concessionária e serviços prestados, criando um ranking da prestação do serviço;
- *Pesquisa de Satisfação e Qualidade Percebida* – engloba todos os serviços concedidos pela Anatel, tendo saídas específicas para SCM e para SMP englobadas por este estudo. Realizada por empresa independente para cada concessão, trazendo um ranking entre as empresas concessionárias.

Com esses dados é possível monitorar a percepção dos usuários quanto ao serviço prestado pelas concessionárias, quer sejam de Telecomunicações ou de Distribuição de Energia Elétrica.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Associando os valores anteriores e atuais foi gerado o gráfico da Figura 5.8 mostrando o número de métricas anteriormente encontradas somados aos novos gerados neste trabalho, para Anatel e Aneel, com a nova metodologia proposta. O levantamento do estado atual foi ilustrado na Figura 3.2.

Figura 5.8 – Número de métricas anteriores e com a nova metodologia



Fonte: do Autor

Foi ampliado em 11% o número de indicadores. Por outro lado, os índices cresceram 200%, pois foram de 3 para 9. Como verificado anteriormente, os índices são métricas mais complexas e abrangentes, trazendo uma conclusão mais apurada a respeito do assunto abordado. Para somar nessa análise ainda existem os agrupamentos criados para organizar 4 focos de análise envolvendo a nova metodologia de desempenho operacional para REI, monitorando os aspectos de instantaneidade, percepção do cliente, individualidade e qualidade da rede de Telecomunicações estruturada.

## 6 ESTUDO DE CASO

A metodologia proposta dividiu-se em várias etapas. Para o estudo de caso é necessário realizar duas distintas, ao menos: comunicação e indicadores de desempenho operacional. A primeira diz respeito à *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO* estabelecida para REI e a segunda relaciona os indicadores operacionais de Anatel e Aneel para a saída *ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL*.

Nesse estudo de caso, foi utilizada uma topologia de comunicação obtida num trabalho da bibliografia para a primeira etapa e, para a segunda etapa, arbitrados valores que possibilitem analisar os quatro cenários previamente previstos na metodologia e suas respectivas respostas.

### 6.1 CONTROLADOR PARA COMUNICAÇÃO

Para demonstrar a viabilidade do processo de análise da comunicação, a partir de uma topologia estabelecida, foi realizado um estudo de caso baseado numa das redes de Telecomunicações verificada na Revisão Bibliográfica. (HEGER, VODRASKA, & KOCUR, 2015).

#### 6.1.1 Análise da infraestrutura de comunicação

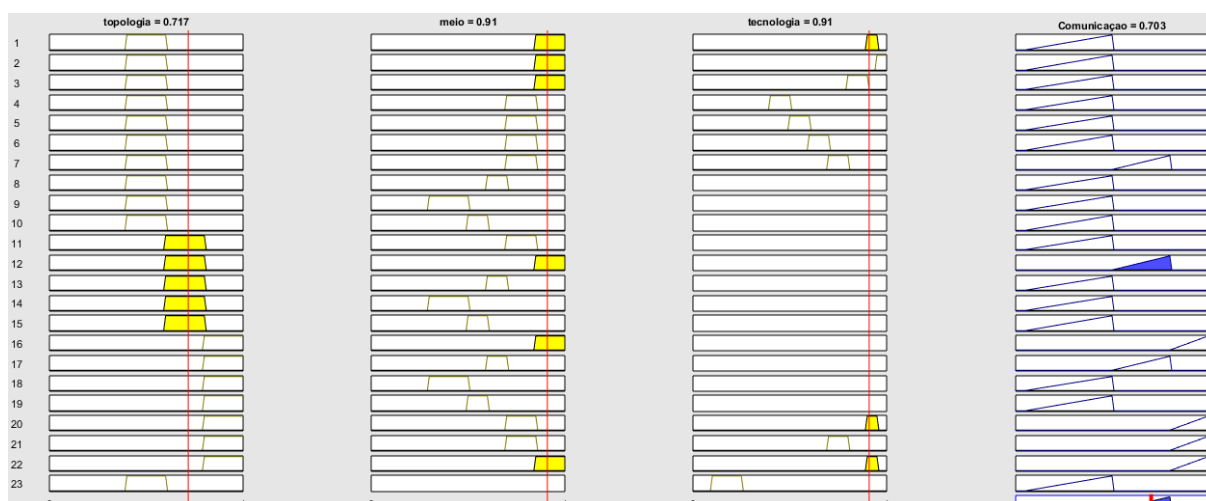
O fuzzificador para qualidade da rede de Telecomunicações implementado está na Figura 4.5, onde ocorre a distribuição e influência dos parâmetros para a resposta nesta fase do processo.

As regras criadas para o controlador são apresentadas no Quadro 4.4. A saída, chamada de *Comunicação*, foi categorizada em 3 níveis e esses valores foram adotados em função da característica de volume de informações necessárias na REI e sua operação com banda larga e banda estreita para grande parte das comunicações, podendo o enlace ser estabelecido para conexão de cliente, backbone, etc. Mas, requerendo instantaneidade para a transmissão e recepção de dados. Assim, foram pesquisados outros trabalhos envolvendo topologias de redes

de Telecomunicações para complementar os anteriores. (ALBINO, BERARDI, & DANGELICO, 2015) (IEEE COMMUNICATION SOCIETY, 2013).

Observou-se que o controlador citado tem 3 entradas principais e, com isso, o Matlab tem dificuldade para estabelecer uma superfície em 4 dimensões para saída, sendo necessárias várias simulações onde se fixaria um valor para análise dos demais de forma a obter a resposta. No entanto, a análise do regramento ocorre da maneira estipulada e pode-se verificar um exemplo de entradas e respectiva saída na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Entradas e saídas para defuzzificador Comunicação



Fonte: do Autor

Para entender o processo ilustrado pela Figura 6.1 é importante lembrar que as entradas *meio*, *topologia* e *tecnologia* são únicas e não variáveis, onde uma *tecnologia*, por exemplo, utilizada retira a outra automaticamente, por exemplo. Assim, é necessária, obrigatoriamente, a informação das três entradas para produzir uma saída condizente com o regramento estabelecido. Evita-se, com isso, que áreas não preenchidas com informações de entrada obtenham valores incompatíveis com os valores pertinentes, invalidando a atuação do controlador com uma resposta divergente. A Tabela 6.1 apresenta um resumo das saídas obtidas para alguns valores de entrada e os níveis de qualidade estabelecidos.

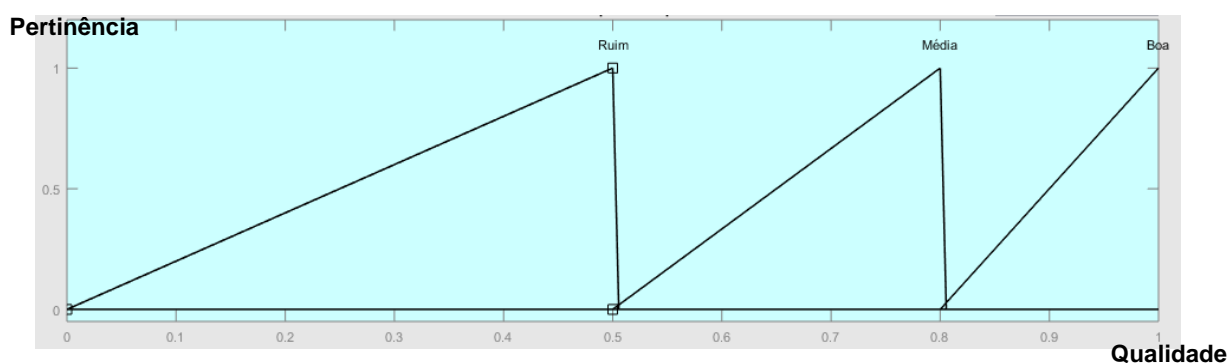
Tabela 6.1 – Variação da qualidade na comunicação para algumas entradas

Contagem	Topologia	Meio	Tecnologia	Valor	Resultado
1	0,47	X	X	0,33	RUIM
2	0,65	0,37	<0,8	0,33	RUIM
3	0,65	0,37	$\geq 0,8$	0,7	MÉDIA
4	0,65	0,5	<0,8	0,33	RUIM
5	0,65	0,5	$\geq 0,8$	0,7	MÉDIA
6	0,65	0,7	<0,3	0,33	RUIM
7	0,65	0,7	$\geq 0,3$	0,7	MÉDIA
8	0,65	0,7	$\geq 0,7$	0,9	BOA
9	0,9	<0,7	<0,5	X	RUIM
10	0,9	>0,7	$\geq 0,5$	X	MÉDIA
11	0,9	>0,7	$\geq 0,5$	$\geq 0,8$	BOA
12	0,9	>0,9	<0,5	X	MÉDIA
13	0,9	>0,9	$\geq 0,5$	X	BOA

Fonte: do Autor

As entradas são trapézios aproximados para quadrados de forma a estabelecer uma localização individualizada para cada um dos valores dentro do domínio estabelecido. A saída, por sua vez, é composta por triângulos que vão crescendo em valor até atingir a próxima etapa, conforme mostra a Figura 6.2. Com isso, é possível estabelecer um crescimento do valor de saída a partir das entradas associadas.

Figura 6.2 – Defuzzificador de saída para Comunicação

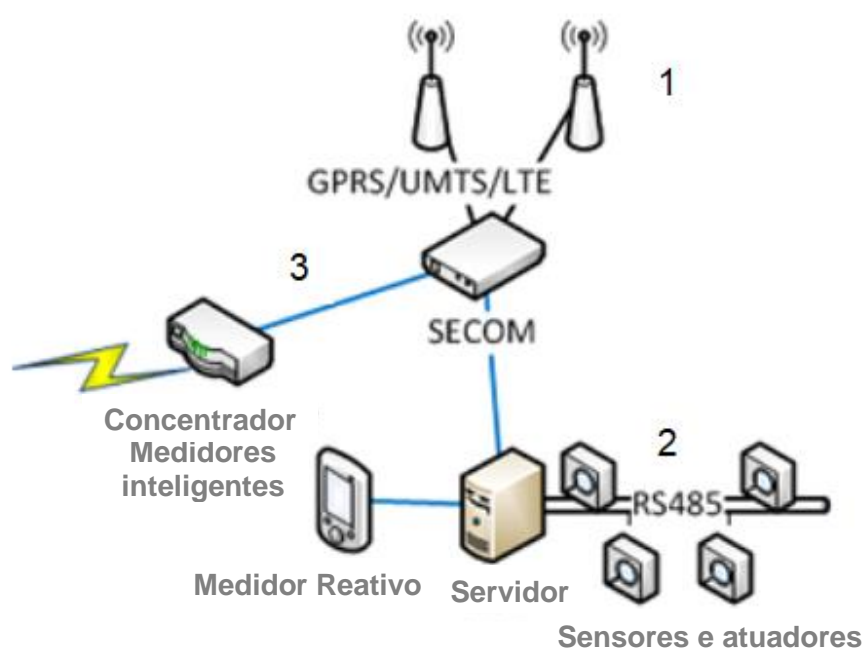


Fonte: do Autor

### 6.1.1.1 Simulação de entradas no controlador

Para simular o controlador foi utilizado o trabalho de Heger, Vodraska & Kocur (2015), realizando a análise e teste da carga e da capacidade do sistema proposto pelos autores para a estrutura de comunicação adotada. Nele é possível encontrar pelo menos três etapas distintas, marcadas como 1, 2 e 3 na Figura 6.3 para uso da metodologia de avaliação da *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO*.

Figura 6.3 – Aplicação da metodologia de avaliação de rede de comunicação



Fonte: adaptado de (HEGER, VODRASKA, & KOCUR, 2015)

A etapa 1 possui uma topologia em anel, diversificada em comunicação via rede de telefonia móvel. A marcação 2, por sua vez, é uma topologia em barramento, via protocolo RS 485 que configura uma comunicação serial com taxa de transmissão chegando aos kbps, muito usada na indústria como padrão para interligação de equipamentos. A anotação 3, na Figura 6.3, conecta um barramento pontual (ponto a ponto) e aumentando o número de medidores têm-se a topologia em estrela. Assim, o Quadro 6.1 resume as informações a serem aplicadas.



Quadro 6.1 – Dados de entrada para o fuzzificador Comunicação REI

Marcação na Figura 6.3	Topologia	Meio	Tecnologia
1	Anel	Ar	GPRS/UMTS
2	Barramento	Par trançado	Serial
3	Estrela	Ar	GPRS/UMTS

Fonte: do Autor

A partir da rede proposta por Heger, Vodraska & Kocur (2015) é possível avaliar a qualidade de conexão para esta estrutura e obter uma saída para cada hierarquia da configuração, aplicando a metodologia proposta. Assim, ao aplicar esses dados obtêm-se os resultados apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Resultados da análise efetuada

Marcação na Figura 6.3	Topologia	Meio	Tecnologia	Resultado
1	0,9	0,8	0,8	BOA
2	0,7	0,7	0,2	RUIM
3	0,8	0,6	0,7	MÉDIA

Fonte: do Autor

A partir das marcações efetuadas na rede proposta por Heger, Vodraska & Kocur (2015), vem:

- a etapa 1 foi apontada como *BOA*, pois utiliza o backbone totalmente com radiofrequência, podendo usar topologias de banda estreita, como o GPRS, organizadas em anel, atendendo a demanda de informações necessária.
- a etapa 2, que coleta os dados de sensores e atuadores, ficou como *RUIM* porque adota uma topologia de barramento e foi considerado como meio o par trançado, por não estar especificado no trabalho original. Assim, com uma tecnologia de RS-485, a eficiência desse processo não é elevada. No entanto, deve-se salientar que esse tipo de rede, normalmente, encontra-se no ambiente da subestação transformadora, protegida e atendendo adequadamente sua função e, em instalações mais modernas, o cabeamento é realizado com fibra ótica. (SCHWEITZER, Engineering Laboratories, 2010) (LEITE, 2016).

- Quanto à etapa 3, é uma topologia em estrela, que considerou o meio ar e o protocolo SECOM, citado por Heger, Vodraska & Kocur (2015) como de alto rendimento mas não detalhado em seu funcionamento. A conexão via tecnologia móvel, podendo ser via GPRS, geraria problemas de proteção física da conexão, de capacidade de transporte de informações e de interferências no meio. Dessa forma, sua classificação ficou como *Média*, de acordo com as regras especificadas para o defuzzificador no Capítulo 4.

Esses resultados obtidos apontam que o controlador Fuzzy implementado obteve êxito em seu funcionamento na avaliação da rede de Telecomunicações utilizada, pois retrata as regras estabelecidas anteriormente e apresenta de forma adequada sua defuzzificação para qualificação de cada etapa da rede proposta.

Nesse sentido, pode-se afirmar que as topologias montadas são adequadas para a rede de acordo com as necessidades de cada ponto: subestações, medidores e backbone para rede de transporte das informações.

## 6.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL

Para avaliar a metodologia desenvolvida foram determinados alguns cenários hipotéticos com valores de entrada arbitrados na Tabela 6.3, representando valores que vão de PÉSSIMO a EXCELENTE para SMP e Distribuição de Energia Elétrica, para aplicar ao estudo de Heger, Vodraska & Kocur (2015). Os valores arbitrados para DIC, FIC, DMIC, DEC e FEC correspondem a valores relacionados ao VUI demonstrado no Capítulo 4.

Tabela 6.3 – Entradas arbitradas para estudo de caso SMP e continuidade

Cenário	Objetivo	SMP7; SMP8; SMP9; SMP10; SMP11	DIC; FIC; DMIC; DEC; FEC
1	PÉSSIMO	4%; 95%; 7,5%; 92%; 74%	1,25
2	RUIM	2,5%; 97%; 6%; 94,5%; 78%	1,05
3	BOM	1,5%; 98,5%; 4,5%; 95,5%; 83%	0,98
4	EXCELENTE	1%; 99%; 3,5%; 96%; 90%	0,84

Fonte: do Autor

A apresentação dos valores está organizada por índice ou indicador, mas de acordo com os grupos de avaliação apresentados no capítulo anterior. Estas faixas

de valores contemplam, respectivamente, os cenários de PÉSSIMO, RUIM, BOM e EXCELENTE, caracterizados para a saída do índice ou indicador calculado. Observa-se que as entradas STFC e SCM não contribuem para o cenário proposto, pois não compõem a rede de Telecomunicações do estudo de caso. (HEGER, VODRASKA, & KOCUR, 2015). Além disso, ao avaliar para SCM os resultados seriam repetitivos para os cenários arbitrados.

A seguir apresentam-se os valores para o conjunto da análise de desempenho operacional da metodologia, representada pelos indicadores e índices que a compõe. O APÊNDICE B apresenta algumas ilustrações das saídas do controlador.

## 6.2.1 Índices e indicadores específicos

Amplia a análise atual dos indicadores específicos de Telecomunicações.

### 6.2.1.1 REI01 no estudo de caso

Composto de SMP8 e SMP9, o índice REI01 avalia o estabelecimento e continuidade da conexão de dados para a rede de Telecomunicações. Nesse caso específico, a simulação contempla variações dos cenários arbitrados anteriormente, obtendo os resultados apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Resultados para REI01

Cenário	SMP8	SMP9	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=95%	PÉSSIMO=7,5%	0,124	PÉSSIMO
2	RUIM=97%	RUIM=6%	0,245	PÉSSIMO
3	BOM=98,5%	BOM=4,5%	0,7	BOM
4	EXCELENTE=99%	EXCELENTE=3,5%	0,95	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=95%	RUIM=6%	0,132	PÉSSIMO
6	BOM=98,5%	PÉSSIMO=7,5%	0,194	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=99%	RUIM=6%	0,461	RUIM
8	BOM=98,5%	EXCELENTE=3,5%	0,845	EXCELENTE

Fonte: do Autor

Analisando as respostas percebe-se que se um dos indicadores de entrada é pior, tende a aproximar o resultado deste valor. Isso ocorre para forçar o índice a identificar problemas de rede. De outro lado, quando os valores são registrados como BOM ou EXCELENTE, a tendência é aproximar do máximo, pois ambos estão atendendo a meta estabelecida, ao menos.

Assim, não adianta somente estabelecer uma conexão de dados, é preciso manter essa conexão por todo o período, garantindo a efetividade da comunicação e o registro instantâneo dos eventos. Por isso, se tiver falha numa das entradas, o todo deve ser afetado. Ao mesmo tempo, que se ocorrem esses dois fatores de forma positiva, o resultado deve evidenciar essa característica.

### 6.2.1.2 REI02 no estudo de caso

Composto de SMP10 e SMP11, o índice REI02 avalia a capacidade que a rede de Telecomunicações possui de garantir a velocidade contratada durante o mês. Nesse caso específico, a simulação contempla variações dos cenários arbitrados anteriormente, obtendo os resultados apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Resultados para REI02

<b>Cenário</b>	<b>SMP10</b>	<b>SMP11</b>	<b>Valor</b>	<b>Resultado</b>
1	PÉSSIMO=92%	PÉSSIMO=74%	0,12	PÉSSIMO
2	RUIM=94,5%	RUIM=78%	0,134	PÉSSIMO
3	BOM=95,5%	BOM=83%	0,77	BOM
4	EXCELENTE=96%	EXCELENTE=90%	0,925	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=92%	RUIM=78%	0,16	PÉSSIMO
6	BOM=95,5%	PÉSSIMO=74%	0,28	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=96%	RUIM=78%	0,66	BOM
8	BOM=95,5%	EXCELENTE=90%	0,85	EXCELENTE

Fonte: do Autor

Mais importante que garantir a taxa instantânea (SMP10) é a taxa média mensal (SMP11). Assim, há uma leve tendência de SMP11 determinar a saída, embora o valor instantâneo também sinalize adequadamente sua importância na composição do índice. Assim, o índice mostrou-se efetivo em apontar a qualidade da velocidade de conexão estabelecida para o link na análise efetuada.

### 6.2.1.3 REI07 no estudo de caso

Composto de *meio* e *topologia*, o indicador REI07 avalia a qualidade da infraestrutura de Telecomunicações disponibilizada para a rede de Distribuição de Energia Elétrica, podendo monitorar cada conexão ou enlace com características específicas. Segue a Tabela 6.6 com os valores usados e cenários avaliados nesse caso.

Tabela 6.6 – Resultados para REI07

Cenário	Topologia	Meio	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=barramento	PÉSSIMO=par metálico	0,133	PÉSSIMO
2	RUIM=barramento	RUIM=par trançado	0,175	PÉSSIMO
3	BOM=estrela	BOM=ar	0,749	BOM
4	EXCELENTE=anel	EXCELENTE=fibra ótica	0,925	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=barramento	RUIM=par trançado	0,26	PÉSSIMO
6	BOM=estrela	PÉSSIMO=par metálico	0,234	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=anel	RUIM=coaxial	0,736	BOM
8	BOM=estrela	EXCELENTE=fibra ótica	0,86	EXCELENTE

Fonte: do Autor

O índice REI07 verifica a qualidade da infraestrutura de rede criada para a conexão analisada, baseando-se nas entradas *topologia* e *meio*. De acordo com a classificação anterior é possível associar esses valores de entrada para inferir sobre sua capacidade de atender adequadamente os requisitos da continuidade na comunicação da rede. Assim, essa métrica sinaliza em que categoria (das padronizadas) está associado o link estabelecido. Ou seja, uma conexão individual de cliente não precisa ter uma topologia em anel, com fibra ótica. Talvez o estabelecimento de sua conexão num barramento possa ser a solução mais simples e eficiente.

Num exemplo com incremento de medidores de clientes e concentradores posteriores, para levar as informações agrupadas para um servidor central, precisa-se ter outra categoria de conectividade, requerendo níveis mais elevados nessa avaliação. Dessa forma, não se dispensa a avaliação do especialista, mas este recebe uma indicação prévia representada pela resposta do defuzzificador.

## 6.2.2 Índices de monitoramento instantâneo

Esse conjunto pode, inclusive, reduzir o tempo de amostragem hoje praticado para registro das informações, dos atuais 15 minutos para valores menores, caracterizando o tempo real de forma mais efetiva.

### 6.2.2.1 REI03 no estudo de caso

Composto de SMP9 e DIC, o índice REI03 avalia a capacidade instantânea de apuração das interrupções individuais da rede de Distribuição de Energia Elétrica. Com isso, espera-se obter os valores de interrupção instantaneamente, a partir da efetividade da comunicação. Segue a Tabela 6.7 com os cenários avaliados.

Tabela 6.7 – Resultados para REI03

Cenário	SMP9	DIC (VUI)	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=7,5%	PÉSSIMO=1,25	0,13	PÉSSIMO
2	RUIM=6%	RUIM=1,05	0,19	PÉSSIMO
3	BOM=4,5%	BOM=0,98	0,7	BOM
4	EXCELENTE=3,5%	EXCELENTE=0,84	0,935	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=7,5%	RUIM=1,05	0,132	PÉSSIMO
6	BOM=4,5%	PÉSSIMO=1,25	0,283	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=3,5%	RUIM=1,05	0,51	RUIM
8	BOM=4,5%	EXCELENTE=0,84	0,71	BOM

Fonte: do Autor

Pela resposta percebe-se que há uma tendência de aproximar o resultado da saída ao valor que apresentar a característica pior. Isso ocorre para forçar o índice a mostrar que há uma tendência de problema, sobretudo numa métrica que monitora de forma instantânea a continuidade da rede. Dessa forma, garante-se que a conexão está estabelecida, sem quedas (SMP9), para monitorar efetivamente a continuidade do fornecimento de energia elétrica (DIC) da UC.

### 6.2.2.2 REI04 no estudo de caso

Composto de SMP9 e FIC, o índice REI04 avalia a capacidade instantânea de apurar a frequência das interrupções individuais da rede de Distribuição de Energia

Elétrica. Com isso, espera-se obter os eventos de interrupção no fornecimento instantaneamente, a partir da comunicação estabelecida para conectar o sistema remoto. Segue a Tabela 6.8 com os cenários avaliados neste caso.

Tabela 6.8 – Resultados para REI04

Cenário	SMP9	FIC (VUI)	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=7,5%	PÉSSIMO=1,25	0,14	PÉSSIMO
2	RUIM=6%	RUIM=1,05	0,25	PÉSSIMO
3	BOM=4,5%	BOM=0,98	0,751	BOM
4	EXCELENTE=3,5%	EXCELENTE=0,84	0,93	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=7,5%	RUIM=1,05	0,129	PÉSSIMO
6	BOM=4,5%	PÉSSIMO=1,25	0,28	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=3,5%	RUIM=1,05	0,45	RUIM
8	BOM=4,5%	EXCELENTE=0,84	0,76	BOM

Fonte: do Autor

Similarmente ao REI03, o índice REI04 analisa a capacidade de monitorar os eventos de interrupção de forma instantânea a partir da entrada do indicador SMP9 (taxa de quedas de conexão) e o FIC (frequência de interrupções individuais). A evidência de um evento pode ser perdida se a comunicação não estiver apta a registrá-lo, por isso é importante não ocorrerem quedas de conexão. Por outro lado, o FIC registrado pela concessionária aponta os eventos regularmente ocorridos e informados para o agente fiscalizador. Assim, esta saída aponta a efetividade do acompanhamento aos acontecimentos de interrupção em cada UC.

### 6.2.2.3 REI05 no estudo de caso

Composto de SMP9 e DEC, o índice REI05 avalia a capacidade de apuração instantânea das interrupções coletivas da rede de Distribuição de Energia Elétrica. Com isso, espera-se monitorar em tempo real a duração das interrupções ocorridas nos clientes, a partir da comunicação estabelecida para conectar o sistema remoto. Segue a Tabela 6.9, com os cenários avaliados.

Tabela 6.9 – Resultados para REI05

Cenário	SMP9	DEC (VUI)	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=7,5%	PÉSSIMO=1,25	0,12	PÉSSIMO
2	RUIM=6%	RUIM=1,05	0,33	PÉSSIMO
3	BOM=4,5%	BOM=0,98	0,76	BOM
4	EXCELENTE=3,5%	EXCELENTE=0,84	0,93	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=7,5%	RUIM=1,05	0,31	PÉSSIMO
6	BOM=4,5%	PÉSSIMO=1,25	0,37	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=3,5%	RUIM=1,05	0,51	RUIM
8	BOM=4,5%	EXCELENTE=0,84	0,85	EXCELENTE

Fonte: do Autor

O índice REI05 verifica a capacidade de acompanhar a duração das interrupções de fornecimento de energia elétrica de forma instantânea. Para isso utiliza o indicador SMP9 (taxa de quedas de conexão) e o DEC (duração equivalente de interrupção). Assim, esta saída busca garantir a efetividade do acompanhamento dos eventos que interrompem a continuidade na prestação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica para grupos de usuários.

#### 6.2.2.4 REI06 no estudo de caso

Composto de SMP9 e FEC, o índice REI06 avalia a capacidade de apuração instantânea das interrupções coletivas da rede de Distribuição de Energia Elétrica. Com isso, espera-se monitorar instantaneamente a frequência das interrupções ocorridas nos clientes, a partir da comunicação em tempo real. Segue a Tabela 6.10 para avaliar os cenários propostos.

O índice REI06, similarmente ao REI05, analisa a capacidade de manter o monitoramento instantâneo para cada evento de interrupção que venha a ocorrer na rede de Distribuição de Energia Elétrica. Para isso utiliza o indicador SMP9 (taxa de quedas de conexão) e o FEC (frequência equivalente de interrupção). Assim, busca garantir a efetividade do acompanhamento de cada falha no fornecimento de energia a um conjunto de UCs.



Tabela 6.10 – Resultados para REI06

Cenário	SMP9	FEC (VUI)	Valor	Resultado
1	PÉSSIMO=7,5%	PÉSSIMO=1,25	0,13	PÉSSIMO
2	RUIM=6%	RUIM=1,05	0,307	PÉSSIMO
3	BOM=4,5%	BOM=0,98	0,76	BOM
4	EXCELENTE=3,5%	EXCELENTE=0,84	0,915	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=7,5%	RUIM=1,05	0,26	PÉSSIMO
6	BOM=4,5%	PÉSSIMO=1,25	0,28	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=3,5%	RUIM=1,05	0,52	RUIM
8	BOM=4,5%	EXCELENTE=0,84	0,88	EXCELENTE

Fonte: do Autor

### 6.2.3 Indicadores novos

Ainda é possível contribuir no estudo de caso com SMP10i (taxa de transmissão instantânea individual) e SMP11i (taxa de transmissão média mensal individual), a partir dos cenários propostos com os valores arbitrados para PÉSSIMO, RUIM, BOM, EXCELENTE. Recapitulando:

- SMP10i = 92%; 94,5%; 95,5%; 96%;
- SMP11i = 74%; 78%; 83%; 90%.

Assumindo esses valores, é possível criar uma avaliação para as conexões de banda larga dos clientes ou cada ponto da REI implantada. O resumo é apresentado na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Resultados para SMP10i e SMP11i, indicadores individuais

Cenário	SMP10i	SMP11i	Observação do especialista
1	PÉSSIMO=92%	PÉSSIMO=74%	PÉSSIMO
2	RUIM=94,5%	RUIM=78%	RUIM
3	BOM=95,5%	BOM=83%	BOM
4	EXCELENTE=96%	EXCELENTE=90%	EXCELENTE
5	PÉSSIMO=92%	RUIM=78%	PÉSSIMO
6	BOM=95,5%	PÉSSIMO=74%	PÉSSIMO
7	EXCELENTE=96%	RUIM=78%	BOM
8	BOM=95,5%	EXCELENTE=90%	EXCELENTE

Fonte: do Autor

As avaliações não são oriundas de saídas de defuzzificador, mas se usou essa análise para manter o padrão do trabalho. Percebe-se um equilíbrio na avaliação dos indicadores para montar um parecer sobre o estado da velocidade fornecida na comunicação de dados, priorizando os dois valores.

### 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo de satisfação do cliente não foi avaliado neste estudo de caso, por ter sido realizado com valores arbitrados, para teste dos controladores Fuzzy em seus processos de fuzzificação e defuzzificação.

Para o estudo de caso foi selecionado um trabalho da bibliografia (HEGER, VODRASKA, & KOCUR, 2015) com uma topologia híbrida que permitisse analisar várias tecnologias de conexão num sistema tecnicamente estruturado (RODRIGUES et al, 2017).

O trabalho de base utiliza-se, principalmente, da telefonia móvel (SMP) para efetuar sua comunicação de longa distância. Então, foram aplicados os indicadores e índices operacionais de desempenho considerando cenários estipulados para SMP. No entanto, esses mesmos cenários poderiam ser utilizados para SCM, através dos mesmos controladores Fuzzy.

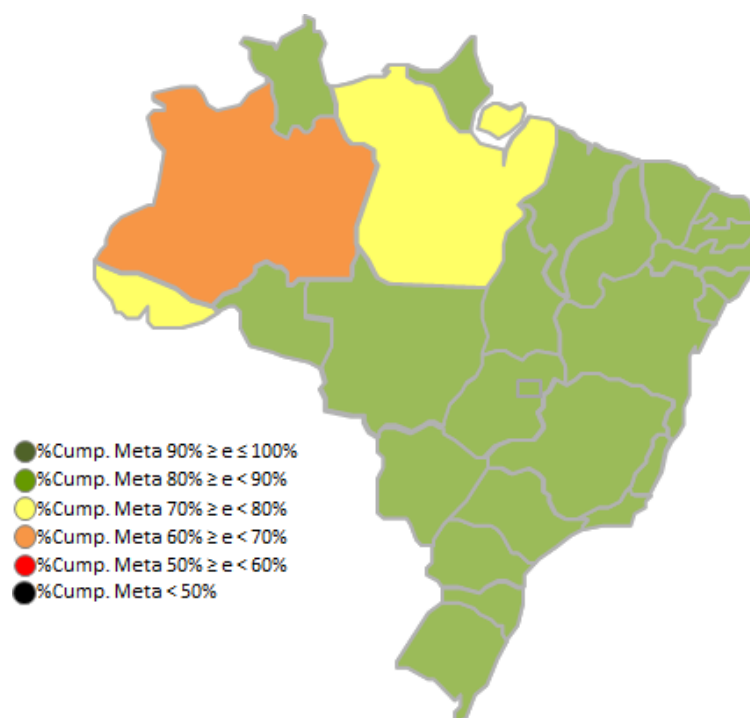
Como resultado, pode-se perceber que com relação à primeira saída: *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO*, foram avaliadas 3 configurações de rede, onde cada uma obteve uma classificação diferente de acordo com as premissas apontadas na metodologia, permitindo avaliar a rede implementada por segmento.

Com relação à segunda saída: *ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL*, faz-se necessário recuperar os cenários abordados. Ao arbitrar quatro possibilidades de entrada nos cenários PÉSSIMO, RUIM, BOM e EXCELENTE foi possível testar os controladores, verificando a consistência das regras estabelecidas para suas tomadas de decisão. No entanto, optou-se por não analisar as saídas obtidas neste estudo de caso, visto que são cenários hipotéticos aplicados a um estudo teórico da bibliografia. Sua principal contribuição foi ajustar as regras do motor de inferência para a próxima etapa. Dessa forma, o próximo capítulo detalha as informações a partir de dados reais, permitindo uma análise consolidada a partir de entradas com dados reais, oriundos da Anatel e Aneel.

## 7 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EM CASO REAL

Foi citado anteriormente que grande parte dos indicadores de qualidade não são atendidos pelas empresas concessionárias, no caso da Anatel, conforme apresenta a Figura 7.1.

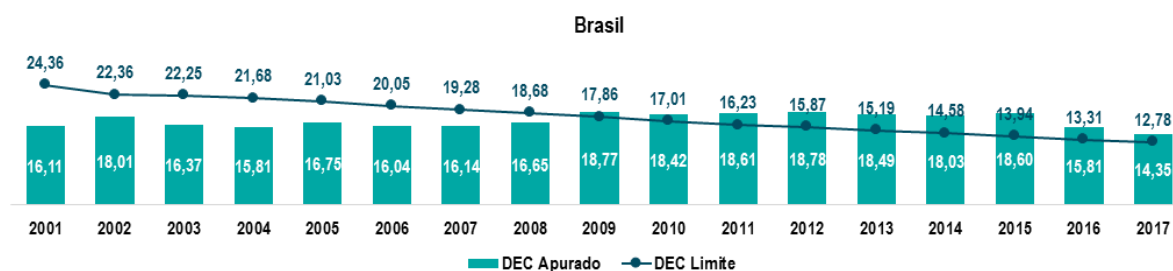
Figura 7.1 – Percentual de cumprimento de metas SMP por Região do Brasil



Fonte: (ANATEL, 2018b)

Já os indicadores da Aneel vêm melhorando a cada ano, conforme exemplifica a Figura 7.2, com o indicador DEC até 2017.

Figura 7.2 – Histórico do cumprimento de meta DEC para o Brasil



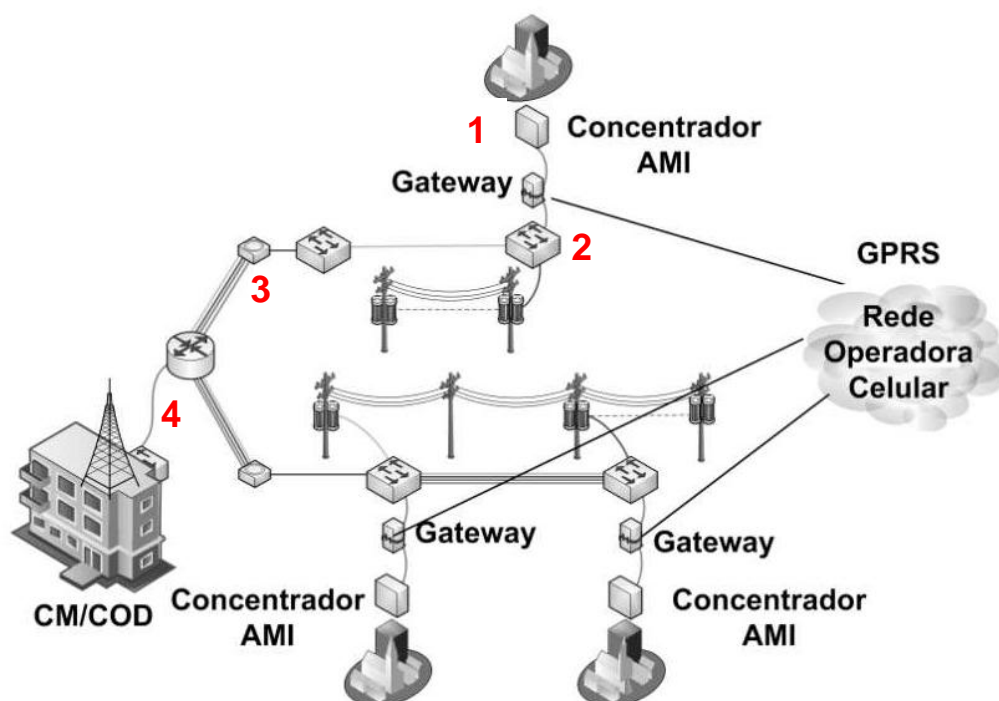
Fonte: (ANEEL, 2018a)

Essa melhoria, exemplificada pelo indicador DEC, sinaliza outra importante medida que a Aneel toma a cada revisão: reajustar a meta dos indicadores, além de atualizar o valor conforme característica de cada região e concessionária envolvida diretamente. A Anatel não possui essa política de reavaliar suas métricas empregadas.

## 7.1 APLICAÇÃO DOS DADOS REAIS

Embora o Capítulo 2 tenha apresentado os conceitos envolvendo as áreas do trabalho, a publicação do CPQD, especialmente sobre REI, apresenta os conceitos envolvidos em P&D da Aneel para a área. (CPqD, 2013). Neste trabalho é apresentada uma topologia de rede aplicada ao projeto da Cemig, concessionária de Distribuição de Energia Elétrica no Estado de Minas Gerais. No Brasil, existem alguns projetos similares, mas este é um dos pioneiros. A Figura 7.3 apresenta a topologia usada para validação dos dados a partir da publicação do CPqD citada.

Figura 7.3 – Topologia aplicada na REI Cemig Sete Lagoas/MG



Fonte: adaptado de (CPqD, 2013)

Da figura é importante ressaltar que concentrador AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) são pontos onde os medidores inteligentes conectam seus dados na

rede e *Gateway* são conexões de acesso a níveis hierárquicos distintos. Com o padrão de comunicação adotado é possível extrair as informações de *topologia*, *meio* e *tecnologia*, gerando a Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Topologia de comunicação para REI Cemig

Marcação na Figura 7.3	Região	Topologia	Meio	Tecnologia
1	Concentrador AMI- <i>Gateway</i>	Estrela	Ar	RF mesh/Wi-fi 2,4 GHz
2	<i>Gateway</i> -Concentrador	Anel	Ar	GPRS
3	Concentrador-Concentrador	Anel	Fibra ótica	SDH/DWDM
4	Concentrador-COD	Barramento	Fibra ótica	Ethernet

Fonte: adaptado de (CPqD, 2013)

Percebe-se, pela Tabela 7.1, que a rede é híbrida, mas, de certa forma, poderia ter sido tecnicamente estruturada para atender a demanda, evitando, por exemplo, um barramento para entrega dos dados, na parte final até o servidor no CM/COD. Embora possa ter duplicidade de caminhos, geograficamente estão unidos não garantindo proteção física ao enlace, apenas proteção lógica neste caso. Além disso, o anel entre os concentradores também não está estabelecido, mas foi considerado como tal, para fins de análise do processo. Essas colocações foram detalhadas nos capítulos anteriores e caracterizam qualidades técnicas relevantes para o serviço de Telecomunicações, sobretudo em altas taxas de transmissão de dados.

Assim, tomando como base a cidade de Sete Lagoas/MG essa topologia de Telecomunicações foi adotada e associada aos indicadores de continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica, relacionando os valores oriundos da Anatel e Aneel para rerepresentar os resultados dos controladores a partir dos dados reais obtidos junto às agências reguladoras.

### 7.1.1 Indicadores Anatel da região

A partir das informações oriundas da Anatel, através da solicitação 01390.001707/2018-97 realizada junto à agência foi possível dispor da base de dados até 2018 de todos os valores para os indicadores SCM e SMP. (ANATEL,

2018d). O Quadro 7.1 apresenta os valores dos indicadores para a região sob análise para o SMP, sendo os que estão fora da meta estão marcados em vermelho.

Quadro 7.1 – Indicadores SMP Anatel Região 31 Sete Lagoas/MG 2017

Indicador	Meta	Observação	Valor alcançado 2017
SMP7	< 2%	PMM1	0,83%
		PMM2	0,87%
SMP8	≥ 98%	OPERADORA A	99%
		OPERADORA B	98%
		OPERADORA C	98%
		OPERADORA D	99%
		OPERADORA E	98%
SMP9	< 5%	OPERADORA A	1%
		OPERADORA B	1%
		OPERADORA C	1%
		OPERADORA D	1%
		OPERADORA E	0,5%
SMP10	≥ 95%	OPERADORA A	83%
		OPERADORA B	99%
		OPERADORA C	93%
		OPERADORA D	88%
		OPERADORA E	95%
SMP11	≥ 80%	OPERADORA A Download/Upload	84%
			71%
		OPERADORA B Download/Upload	97%
			73%
		OPERADORA C Download/Upload	82%
			76%
		OPERADORA D Download/Upload	70%
			34%
		OPERADORA E Download/Upload	93%
			27%

Fonte: adaptado de (ANATEL, 2018d)

Esses valores retratam a média dos valores obtidos pelas empresas nos meses de 2017, para o SMP na região com código de área 31, que corresponde à localidade de Sete Lagoas/MG. A OPERADORA D teve alguns dados incompatíveis

que foram descartados para SMP11 e SMP10. O Quadro 7.2 apresenta os dados compilados para SCM, sendo que os fora da meta estão em vermelho.

Quadro 7.2 – Indicadores SCM Anatel Região 31 Sete Lagoas/MG 2018

Indicador	Meta	Observação	Valor alcançado 2018
SCM9	≥ 95%	OPERADORA A	82%
		OPERADORA B	100%
		OPERADORA C	100%
		OPERADORA D	8%
		OPERADORA E	Não possui
SCM5	≥ 80%	OPERADORA A	98%
		OPERADORA B	99%
		OPERADORA C	97%
		OPERADORA D	22%
		OPERADORA E	Não possui
SCM4	≥ 95%	OPERADORA A	83%
		OPERADORA B	86%
		OPERADORA C	82%
		OPERADORA D	51%
		OPERADORA E	Não possui
SCM8	< 2% em ≥ 95% dos casos	OPERADORA A Download/Upload	96%
			87%
		OPERADORA B Download/Upload	100%
			99%
		OPERADORA C Download/Upload	90%
			92%
		OPERADORA D Download/Upload	96%
			37%
		OPERADORA E Download/Upload	Não possui
			Não possui

Fonte: adaptado de (ANATEL, 2018d)

O levantamento dos dados permite verificar que alguns resultados estão fora da meta e outros com algumas inconsistências na origem com registros apontando 100% e na fonte ainda existem valores zerados, sem amostras. Ainda é necessário ressaltar que esses valores representam toda a região metropolitana (área 31) de

Minas Gerais, uma amostra ampla demais para determinar parâmetros regionais, locais e individuais.

### 7.1.2 Indicadores Aneel na região

Os dados oriundos da Aneel, por outro lado, são mais específicos. Eles apontam resultados individuais, coletivos por agrupamento e regionais. Com isso, apresentam resultados mais próximos da realidade vivenciada pelos clientes do serviço. A Tabela 7.2 os apresenta, considerando a relação do VUI, conforme especificado no Capítulo 4.

Tabela 7.2 – Indicadores de continuidade Cemig Sete Lagoas/MG 2017

Indicador	Meta	Observação	Valor alcançado 2017	VUI
DIC	< 5,07 h	Valor estimado para a localidade*	11,68 h	2,3
FIC	< 3,17	Valor estimado para a localidade*	5,77	1,82
DEC	< 10 h		11,83 h	1,18
FEC	< 7		5	1,4

\*média de duração do município

Fonte: adaptado de (ANEEL, 2018b)

O conjunto elétrico selecionado foi Sete Lagoas 3 e a tabela apresenta seus limites e os valores alcançados em 2017, além da correspondência para entrada nos fuzzificadores como VUI. Na localidade ainda existiam os agrupamentos de Cordisburgo, Matozinhos e Paraopeba. A partir desses dados, somados aos de Telecomunicações, foi possível estabelecer o conjunto de indicadores operacionais para a análise de desempenho com dados reais.

## 7.2 APLICANDO OS DADOS NOS CONTROLADORES FUZZY

Anteriormente foram apresentados os indicadores de Anatel e Aneel para a área de REI da Cemig em Minas Gerais. Com essas informações os controladores Fuzzy podem realizar a avaliação e validação de suas saídas, comparadas com os dados reais. As avaliações foram colocadas nos grupos criados na metodologia para compor a *ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL* relacionada no algoritmo apresentado.



### 7.2.1 Índices e indicadores específicos

O Quadro 7.3 apresenta os resultados obtidos para a composição da saída do índice REI01 após a defuzzificação para comunicação com SMP.

Quadro 7.3 – REI01 - resultados da metodologia para dados reais SMP

Índice	Empresa	SMP8	SMP9	Valor	Resultado
REI01	OPERADORA A	EXCELENTE=99%	EXCELENTE=1%	0,97	EXCELENTE
	OPERADORA B	BOM=98%	EXCELENTE=1%	0,935	EXCELENTE
	OPERADORA C	BOM=98%	EXCELENTE=1%	0,935	EXCELENTE
	OPERADORA D	EXCELENTE=99%	EXCELENTE=1%	0,97	EXCELENTE
	OPERADORA E	BOM=98%	EXCELENTE=0,5%	0,975	EXCELENTE

Fonte: do Autor

De acordo com as entradas pode-se perceber que as empresas estão obtendo resultados muito bons para o SMP, evidenciado pelo índice REI01. O Quadro 7.4 apresenta os valores para o SCM.

Quadro 7.4 – REI01 - resultados da metodologia para dados reais SCM

Índice	Empresa	SCM9	SCM8	Valor	Resultado
REI01	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	PÉSSIMO=83%	0,124	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%	PÉSSIMO=86%	0,285	PÉSSIMO
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%	PÉSSIMO=82%	0,283	PÉSSIMO
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%	PÉSSIMO=51%	0,124	PÉSSIMO
	OPERADORA E	SEM ACESSOS	SEM ACESSOS	-	-

Fonte: do Autor

Embora as metas estipuladas tivessem tratado a perda de pacotes, os dados oriundos da Anatel apresentam apenas o total de testes e o número que esses testes não atingiram a meta estipulada, permitindo avaliar a meta pelos 95% estipulados. Dessa forma, a tabela informa que, para o SCM, o resultado para o índice REI01 é muito diferente do SMP, neste caso é PÉSSIMO, embora as empresas concessionárias de Telecomunicações sejam as mesmas para os dois serviços.

Assim, para REI01 têm-se os resultados apontando que se for usada a comunicação via rede de telefonia móvel a saída é EXCELENTE, enquanto que se for usada a rede de banda larga o resultado é PÉSSIMO, considerando as mesmas empresas.

Para REI02 o Quadro 7.5 apresenta os dados de entrada para SMP e a saída após a defuzzificação.

Quadro 7.5 – REI02 - resultados da metodologia para dados reais SMP

Índice	Empresa	SMP10	SMP11(Down/Up)	Valor	Resultado
REI02	OPERADORA A	PÉSSIMO=83%	BOM=84%	0,23	PÉSSIMO
			PÉSSIMO=71%	0,205	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=99%	EXCELENTE=97%	0,91	EXCELENTE
			PÉSSIMO=73%	0,685	RUIM
	OPERADORA C	RUIM=93%	BOM=82%	0,484	RUIM
			RUIM=76%	0,263	PÉSSIMO
	OPERADORA D	PÉSSIMO=88%	PÉSSIMO=70%	0,187	PÉSSIMO
			PÉSSIMO=34%	0,16	PÉSSIMO
	OPERADORA E	BOM=95%	EXCELENTE=93%	0,89	EXCELENTE
			PÉSSIMO=27%	0,208	PÉSSIMO

Fonte: do Autor

Pelo quadro é possível verificar que a operadora escolhida influencia diretamente no resultado, embora a maioria dos resultados não sejam adequados, pois retratam extremos. Percebe-se que existem taxas de download EXCELENTE, mas upload PÉSSIMO para a mesma operadora. No geral, todas estão abaixo do nível esperado pela meta estabelecida. O Quadro 7.6 apresenta os resultados da defuzzificação quando as entradas são oriundas do SCM.

Novamente, as entradas são variadas entre as empresas analisadas e seus resultados são distintos entre SMP e SCM. Com isso, é possível afirmar que para REI02 SCM os resultados são um pouco mais diversificados que para SMP, mas ainda apresentam saídas com PÉSSIMO e RUIM, retratando que poucas empresas atenderiam esse índice para as duas áreas envolvidas.

Quadro 7.6 – REI02 - resultados da metodologia para dados reais SCM

Índice	Empresa	SCM9	SCM8(Down/Up)	Valor	Resultado
REI02	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	BOM=96%	0,196	PÉSSIMO
			PÉSSIMO=87%	0,138	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%	EXCELENTE=100%	0,988	EXCELENTE
			EXCELENTE=99%	0,98	EXCELENTE
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%	PÉSSIMO=90%	0,509	RUIM
			RUIM=92%	0,71	BOM
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%	BOM=96%	0,16	PÉSSIMO
			PÉSSIMO=37%	0,124	PÉSSIMO
OPERADORA E	SEM ACESSOS	SEM ACESSOS	-	-	

Fonte: do Autor

Por fim, para este grupo de análises, o Quadro 7.7 apresenta os resultados para o indicador REI07 que avalia a infraestrutura de Telecomunicações.

Quadro 7.7 – REI07 - resultados da metodologia para dados reais

Indicador	Área envolvida	Topologia	Meio	Valor	Resultado
REI07	Medidor-Gateway	BOM=Estrela	BOM=Ar	0,736	BOM
	Gateway-Concentrador	EXCELENTE=Anel	BOM=Ar	0,897	EXCELENTE
	Concentradores	EXCELENTE=Anel	EXCELENTE=Fibra	0,925	EXCELENTE
		PÉSSIMO=Barramento	EXCELENTE=Fibra	0,7	BOM
	Concentrador-COD	PÉSSIMO=Barramento	EXCELENTE=Fibra	0,7	BOM
			RUIM=Par trançado	0,23	PÉSSIMO

Fonte: do Autor

A parte final da topologia apresentada anteriormente para os enlaces de comunicação da REI da Cemig não apresentam algumas informações e, por isso, foi adotada duas possibilidades de conexão para a etapa final que chega no COD. Embora um cabeamento com fibra ótica seja mais recomendado, também pode ser usado o par trançado categoria 5 ou superior. A configuração entre os concentradores também foi avaliada para topologia em anel e barramento, pois não é especificada detalhadamente no projeto original.

Para a área de conexão aos clientes, o resultado foi BOM, apontando que a escolha é adequada para essa área. No segundo nível da topologia, entre os *gateways* e os concentradores de rede, o uso do SMP via conexão de dados e anel, trazem uma saída EXCELENTE.

No terceiro nível, entre os concentradores de rede, adotou-se uma topologia em anel, embora não esteja claro na proposta original, com saída EXCELENTE. Se essa entrada mudar para barramento, o resultado muda para BOM, devido à alta confiabilidade da fibra ótica como meio, mas fica no limite para entrada no nível mais abaixo: RUIM.

Para o grupo de metas dentro da própria área de Telecomunicações a avaliação para a REI da Cemig traz uma perspectiva de risco, no mínimo. Percebe-se que o link em estrela usa dados não analisados pela Anatel, mas apresenta uma boa estratégia de comunicação.

A etapa entre *gateway* e concentradores usa a rede de SMP com caminhos múltiplos e com uma boa referência a partir de REI01 e REI02, para algumas operadoras possíveis. Com isso, é possível verificar que, dependendo da empresa escolhida, pode ser uma forma de garantir a comunicação entre esses pontos. No entanto, é importante ressaltar os aspectos de diferenças apontados para os indicadores da Anatel e Aneel no Capítulo 3, onde, por exemplo, a rede SMP e SCM não são monitoradas nas 24 h do dia.

Entre os concentradores a conexão apresentada no trabalho analisado não especifica os detalhes e, por isso, foram adotadas duas possibilidades de topologia, com anel ou barramento. Para anel, vem uma situação EXCELENTE, mas para a segunda é PÉSSIMO. Se esse link ainda estiver contratado de uma empresa com licença SCM, o resultado geral é ainda pior. Isso ocorre devido às saídas REI01 e REI02 que estão registrando valores PÉSSIMO para esse tipo de licença.

Para a parte final da rede de comunicação tem-se uma conexão com barramento que transporta todo o fluxo de informações provenientes da REI. Foram analisadas duas possibilidades, com fibra ótica ou par trançado como meio. Para o primeiro teria uma saída sinalizando BOM (embora no limite do RUIM) e para a segunda seria como PÉSSIMO. Novamente, se essa conexão estiver sendo realizada por empresa de SCM contratada a rede fica criticamente afetada em sua qualidade, pois não há garantia de conexão e taxa de transmissão, sinalizando uma falha de concepção nesta etapa da rede.

### 7.2.2 Agrupamento para monitoramento instantâneo

Nesse conjunto de índices há uma união entre os indicadores de Telecomunicações e os de continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica. Para o índice REI03 o Quadro 7.8 apresenta os resultados para capacidade de apuração instantânea de verificar duração de interrupções por UC, após a defuzzificação.

Quadro 7.8 – REI03 - resultados da metodologia para dados reais

Índice	Empresa	SMP9/SCM8	DIC (VUI)	Valor	Resultado
REI03 SMP	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	PÉSSIMO=2,3	0,124	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%		0,318	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%		0,318	RUIM
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%		0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA E	SEM ACESSOS		-	-
REI03 SCM	OPERADORA A	EXCELENTE=1%	PÉSSIMO=2,3	0,335	RUIM
	OPERADORA B	EXCELENTE=1%		0,335	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=1%		0,335	RUIM
	OPERADORA D	EXCELENTE=1%		0,335	RUIM
	OPERADORA E	EXCELENTE=0,5%		0,354	RUIM

Fonte: do Autor

Resumidamente REI03 sinaliza um resultado RUIM para conexões SCM e varia entre PÉSSIMO e RUIM para SMP. A opção de adotar o valor de 11,68 h como PÉSSIMO ocorreu por este valor ser 15% acima da meta estipulada de 10 h. Importante ressaltar que, exceto pela Operadoras A e D do SMP, as demais teriam uma boa condição de transporte das informações com resultado EXCELENTE para SMP9 e SCM8. Para REI04 o Quadro 7.9 traz os resultados após a defuzzificação.

Quadro 7.9 – REI04 - resultados da metodologia para dados reais

Índice	Empresa	SMP9/SCM8	FIC (VUI)	Valor	Resultado
REI04 SMP	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	PÉSSIMO=1,82	0,124	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%		0,325	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%		0,325	RUIM
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%		0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA E	SEM ACESSOS		-	-
REI04 SCM	OPERADORA A	EXCELENTE=1%	PÉSSIMO=1,82	0,34	RUIM
	OPERADORA B	EXCELENTE=1%		0,34	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=1%		0,34	RUIM
	OPERADORA D	EXCELENTE=1%		0,34	RUIM
	OPERADORA E	EXCELENTE=0,5%		0,355	RUIM

Fonte: do Autor

Os dados para REI04 apontam resultados entre PÉSSIMO e RUIM para conexões SMP e RUIM para SCM. O indicador FIC teve um resultado que foi praticamente o dobro da meta estipulada, regulada, entrando como PÉSSIMO na avaliação. O Quadro 7.10 apresenta os valores para REI05 após a defuzzificação.

Quadro 7.10 – REI05 - resultados da metodologia para dados reais

Índice	Empresa	SMP9/SCM8	DEC (VUI)	Valor	Resultado
REI05 SMP	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	PÉSSIMO=1,18	0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%		0,33	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%		0,33	RUIM
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%		0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA E	SEM ACESSOS		-	SEM
REI05 SCM	OPERADORA A	EXCELENTE=1%	PÉSSIMO=1,18	0,361	RUIM
	OPERADORA B	EXCELENTE=1%		0,361	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=1%		0,361	RUIM
	OPERADORA D	EXCELENTE=1%		0,361	RUIM
	OPERADORA E	EXCELENTE=0,5%		0,366	RUIM

Fonte: do Autor

Então, para REI05 as saídas variam entre RUIM e PÉSSIMO para conexões SMP, dependendo da operadora, e RUIM para o SCM, pois todas obtiveram resultado EXCELENTE para SMP9/SCM8.

O Quadro 7.11 ilustra os resultados para REI06, após a defuzzificação realizada.

Quadro 7.11 – REI06 - resultados da metodologia para dados reais

Índice	Empresa	SMP9/SCM8	FEC (VUI)	Valor	Resultado
REI06 SMP	OPERADORA A	PÉSSIMO=82%	PÉSSIMO=1,4	0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA B	EXCELENTE=100%		0,35	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=100%		0,35	RUIM
	OPERADORA D	PÉSSIMO=8%		0,12	PÉSSIMO
	OPERADORA E	SEM ACESSOS		-	SEM
REI06 SCM	OPERADORA A	EXCELENTE=1%	PÉSSIMO=1,4	0,38	RUIM
	OPERADORA B	EXCELENTE=1%		0,38	RUIM
	OPERADORA C	EXCELENTE=1%		0,38	RUIM
	OPERADORA D	EXCELENTE=1%		0,38	RUIM
	OPERADORA E	EXCELENTE=0,5%		0,382	RUIM

Fonte: do Autor

REI06 sinaliza que para as operadoras A e D, que obtiveram resultado PÉSSIMO no SMP9, a saída é PÉSSIMO e para B e C, RUIM. Para o SCM, no entanto, o monitoramento instantâneo dos eventos de interrupção teria resposta EXCELENTE para as demais condições, garantindo a efetiva comunicação em tempo real. A saída ficou como RUIM porque o indicador FEC sinaliza PÉSSIMO para esta área caracterizando um volume significativo de ocorrências.

### 7.2.3 Agrupamento para satisfação do cliente

Para a avaliação dos clientes foram selecionadas diretamente as entradas dos indicadores: SMP7, DMIC, REL, RAI, IASC e Pesquisa de Percepção dos Usuários. O Quadro 7.12 informa os valores para esses indicadores.

Para os dados apresentados é possível verificar que a taxa de quedas de ligações (SMP7) foi muito boa, mas se deve ressaltar que esse valor atende apenas um dia no mês, no período matinal (9 h às 11 h) e a tarde (14 h às 16 h). Para a satisfação dos clientes, os valores são variados, indo de PÉSSIMO a EXCELENTE, dependendo da operadora do serviço. Por fim, o IASC Aneel classifica como BOM o resultado da Cemig, um pouco acima do valor Brasil que foi 65,10. Para a Satisfação

Geral Percebida pela Anatel em SMP e SCM os resultados são similares, aproximando do valor médio do Brasil, sendo 6,99 para SMP e 6,23 para SCM.

Quadro 7.12 – Indicadores de satisfação dos clientes

<b>Indicador</b>	<b>Observação</b>	<b>Valor</b>	<b>Resultado</b>
SMP7	PMM 1	0,83%	EXCELENTE
	PMM 2	0,87%	EXCELENTE
DMIC	Meta < 2,94 h	1,02	RUIM
REL	OPERADORA A	0,03%	EXCELENTE
	OPERADORA B	1,11%	BOM
	OPERADORA C	0,69%	EXCELENTE
	OPERADORA D	1,92%	BOM
	OPERADORA E	0,1%	EXCELENTE
RAI	OPERADORA A	2,28	RUIM
	OPERADORA B	0,55	EXCELENTE
	OPERADORA C	4,46	PÉSSIMO
	OPERADORA D	4,13	PÉSSIMO
	OPERADORA E	0,2	EXCELENTE
IASC	Cemig=65,75 (>65,1)	1,03	BOM
Satisfação Geral SMP/SCM	OPERADORA A	6,95 / 6,35	RUIM / BOM
	OPERADORA B	6,52 / -	RUIM / -
	OPERADORA C	5,48 / 5,67	PÉSSIMO / RUIM
	OPERADORA D	7,16 / 6,33	BOM / BOM
	OPERADORA E	7,16 / -	BOM / -

Fonte: do autor

O objetivo deste conjunto de indicadores é trazer uma visão do cliente a respeito dos serviços de Telecomunicações que está recebendo, da máxima interrupção de fornecimento de energia elétrica a que esteve sujeito e da pesquisa de satisfação dos serviços prestados em Distribuição de Energia Elétrica, SMP e SCM. Com isso, a metodologia pode manter uma conexão com a qualidade percebida pelos usuários além dos índices e indicadores apurados pela própria.



### 7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta prevê um quarto módulo de valores instantâneos e individuais, chamados de: SMP10i, SMP11i, SCM4i e SCM5i, equivalentes aos originais. No entanto, como ainda não existem valores efetivos, não foram avaliados nesta etapa, ficando a sinalização que podem ser implementados a partir das amostras obtidas pelos índices medidos de forma instantânea a partir da própria comunicação estabelecida. Além disso, foram avaliados no estudo de caso a partir de valores arbitrados para construção de cenários de simulação, mostrando suas funções dentro do conjunto da análise de desempenho operacional.

Resumidamente, para esta etapa, para o primeiro grupo tem-se:

- REI01 obteve um resultado EXCELENTE para todas as operadoras do SMP, sinalizando que há estabelecimento e continuidade das conexões de dados; por outro lado, para SCM, obteve um resultado PÉSSIMO, evidenciando a necessidade de melhoria nessa área de banda larga, sobretudo na perda de pacotes (SCM8);
- REI02 apontou resultados entre PÉSSIMO e RUIM em sua maioria para o SMP, onde apenas duas operadoras tiveram download EXCELENTE, mas as mesmas tiveram upload PÉSSIMO; para o SCM, uma operadora apresentou resultado EXCELENTE, outra RUIM e BOM e as duas demais PÉSSIMO; mostrando que, praticamente, não há garantia da taxa de transmissão contratada pelos clientes por parte das operadoras;
- REI07 mostrou valores adequados em 3 dos 4 enlaces da rede de comunicação avaliada. A ressalva é exatamente na conexão que interliga a rede externa com o COD, que pode paralisar toda a transmissão da REI estabelecida por apresentar uma conexão em barramento na parte que centraliza as informações.

Esse primeiro grupo aponta que a área de Telecomunicações requer melhorias na conectividade, topologia de rede e perda de pacotes para garantir o transporte de informações.

Para o segundo grupo, vem:

- REI03 sinaliza problema, pois aponta necessidade de melhoria ao marcar resultados de RUIM para SCM e varia entre PÉSSIMO e RUIM para SMP;

- REI04 acompanha o resultado de REI03, pois o FIC apresenta entrada como PÉSSIMO, como o DIC do anterior;
- REI05 e REI06 também acompanham os registros de REI03 e REI04.

Esse grupo de indicadores sinaliza que, embora a comunicação esteja ocorrendo de forma satisfatória independentemente da conexão ser SMP ou SCM, os atuais indicadores de continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica requerem melhoria para a região analisada, melhorando os índices avaliados.

O terceiro grupo, dos indicadores e índices de satisfação do cliente mostra que, no geral, há uma distribuição média dos valores a respeito da região analisada. Com isso, se o objetivo for buscar uma melhoria da REI, há necessidade de melhorar a conectividade da rede de forma a registrar em tempo real as falhas que gerem interrupções no fornecimento de energia elétrica e serviços de Telecomunicações aos clientes. Destaque para:

- DMIC registrado como RUIM,
- RAI com 3 de 5 operadoras com muitos reparos solicitados, apresentando resultado PÉSSIMO e RUIM,
- Pesquisa de satisfação da Anatel apontando problemas na percepção do serviço SMP e no SCM apenas uma empresa abaixo da média nacional.

Ainda convém apontar que para uma integração maior é necessário unificar os períodos de amostras para obtenção dos indicadores atuais. Além disso, também seria usual que a Anatel adotasse a política da Aneel em avaliar periodicamente as metas estabelecidas para os indicadores, bem como as regiões e condições das Prestadoras envolvidas adequando as métricas conforme as mesmas evoluem e conforme o número de terminais das Prestadoras.

## 8 CONCLUSÃO

Para monitorar instantaneamente os eventos da rede de Distribuição de Energia Elétrica as comunicações devem ser efetivas, constantes e atenderem à demanda de informações necessária. Neste trabalho, criaram-se novos indicadores e índices de desempenho operacional para controlar a qualidade da REI, aplicando a Lógica Fuzzy.

A partir da capacidade relacional da Lógica Fuzzy, utilizando a máquina de inferência de Mamdani e fazendo sua percepção matemática preencher lacunas que inviabilizariam a lógica binária pura, foi possível desenvolver análises quantitativas e qualitativas aplicadas a índices e indicadores de desempenho operacional. Os valores atuais, de Anatel e Aneel, foram utilizados para convergir para as Redes Elétricas Inteligentes.

Foi desenvolvida uma metodologia para análise de desempenho operacional da REI brasileira a partir dos valores atualmente utilizados. Essa estrutura foi organizada em um fluxograma com duas saídas principais: *QUALIDADE DA REDE DE COMUNICAÇÃO* e *ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL*. No primeiro resultado foram avaliados critérios de implantação da rede de Telecomunicações e, no segundo, gerados um conjunto de indicadores e índices de desempenho operacional que trazem uma visão voltada para REI, sobretudo na necessidade de monitoramento em tempo real das condições operacionais da prestação do serviço de Distribuição de Energia Elétrica.

Para organizar o fluxo de respostas dos indicadores e índices, foram criados quatro agrupamentos em torno da análise de desempenho operacional. Assim, foi possível detalhar a metodologia desenvolvida e toda sua estrutura para, posteriormente, aplicá-la num estudo de caso encontrado na bibliografia.

Por fim, a metodologia foi aplicada a partir de dados reais oriundos da Anatel e da Aneel, para a cidade de Sete Lagoas/MG, onde existe um projeto de REI implantado pela concessionária do serviço de Distribuição de Energia Elétrica local. Dos resultados obtidos foi possível detectar que existe problema na topologia da rede de comunicação estabelecida e que ainda necessita de melhorias no estabelecimento, garantia de largura de banda (velocidade de conexão) e

conectividade, para efetivar todo o conjunto de automação, monitoramento e controle para REI.

Por fim, os novos indicadores e índices gerados somam análises mais abrangentes e complexas, integrando os serviços de Telecomunicações e Distribuição de Energia Elétrica para monitoramento e controle da REI, algo que ficou demonstrado na aplicação das métricas ao caso real que evidenciou problemas de conectividade na estrutura de rede e na prestação dos serviços de Telecomunicações, algo que era uma lacuna apresentada na Justificativa e na Revisão Bibliográfica.

## 8.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições deste trabalho foram:

- metodologia para análise de desempenho operacional para REI;
- conjunto de indicadores para análise complementar das condições da rede de comunicação estabelecida;
- conjunto de índices que avaliam as Telecomunicações em conjunto com a continuidade do serviço de Distribuição de Energia Elétrica;
- justificativa para proposta de um conjunto de indicadores individuais para Telecomunicações.
- análise computacional da infraestrutura de redes de comunicação;
- aplicação das pesquisas de satisfação dos usuários como balizador dos resultados para análise de desempenho operacional;
- associação de indicadores de controle de concessões de serviços públicos para compor nova metodologia para REI.

## 8.2 TRABALHOS FUTUROS

A metodologia foi desenvolvida a partir do ano de 2016 até 2020. Com isso, existiram alterações nos regulamentos, no final de 2019, que deverão gerar ajustes na ferramenta criada. A partir dessas adequações, as análises poderão ser implementadas em ferramenta computacional e, inclusive, ser disponibilizada de forma online para que os usuários possam usufruir de novos parâmetros

comparativos sobre sua rede de Telecomunicações, que transporta os dados sobre as condições de continuidade no fornecimento de energia elétrica.

O IEEE possui um grupo de trabalho atuando desde 2018 na reestruturação dos indicadores de confiabilidade para os serviços de energia elétrica, visto que a última revisão da recomendação IEEE 1366 é de 2012. Este trabalho pode contribuir na integração dos indicadores atualmente praticados com uma nova visão, sobretudo, com a entrada de novas métricas que avaliem as Telecomunicações no contexto da REI.

A aplicação de mais índices ao conjunto de métricas em qualquer sistema de análise de desempenho operacional colabora para que esta fique mais abrangente e extraia valores de maior significado para o contexto, aprofundando-se nos resultados obtidos.

### 8.3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

As publicações, avaliações e orientações, no período de consolidação e pesquisa, contemplam artigos e participações em congressos conforme o currículo Lattes, envolvendo as áreas de Ensino em Engenharia, Sistemas Elétricos de Potência e Telecomunicações.

#### a) Capítulo de livro

- A Educação para a Internet das Coisas (Interlocução de Saberes XI, 2017);

#### b) Anais de evento (completo)

- Melhoria dos indicadores de qualidade em concessionária de Distribuição de Energia Elétrica com aplicação de religadores automáticos (SEPOC 2018).
- Estudo da Estabilidade de Tensão no Modelo IEEE 14 Barras Considerando a Perda de Elementos e a Entrada de GD (Salão do Conhecimento, 2019).
- Estudo da Viabilidade Técnico-Econômica da Integração de Fontes Renováveis ao Modelo IEEE 14 Barras (Salão do Conhecimento, 2019).
- Análise da Viabilidade Econômica de um sistema fotovoltaico conectado à Rede Elétrica de MT (Sief, 2018).

- Relação do crescimento econômico e consumo de energia elétrica no Brasil entre 2012 e 2016 (Simposio Internacional de Ingeniería Industrial, Oberá, 2017).
- Gerenciamento de Energia e Demanda com a Implantação de um Sistema Inteligente - *Smart Grid* (XVII Eriac, 2017).
- Aumento do número de consumidores de energia elétrica de Baixa Renda a partir da aplicação de Eficiência Energética na instalação (CBPE, 2016).
- *Methodology for Operational Performance Analysis Applied to Smart Grids* (artigo aceito ICECCE IEEE 2020).
- Índice operacional de desempenho para Rede Elétrica Inteligente através da Lógica Fuzzy (XII CBPE, 2020)

c) Artigos completos em periódicos

- Criação de índice de desempenho operacional para REI, unindo indicadores de telecomunicações e redes de distribuição através da Lógica Fuzzy (La Saeta Universitaria ISSN 2424-2506, 2019).
- Resposta em Frequência no Acoplamento Magnético Ressonante para Transmissão de Energia sem Fio (JIDETEV 2019 Unam, 2019).
- Metodologia para Criação de Índice de Desempenho Operacional para Redes Elétricas Inteligentes Através da Lógica Fuzzy (artigo aceito Revista Gestão&Produção ISSN 1806-9649).
- Os eletroeletrônicos em modo stand-by: análise do impacto ambiental e energético na matriz elétrica brasileira (Revista Semana Acadêmica ISSN 2236-6717).

d) Avaliação/revisão de trabalhos na área

- *GSM Link Quality Performance Analysis On OpenBTS vs. Testing Equipment* (IEEE Latin America Transactions, 2019).
- *SimDTN: A New Mobile Wireless Network Simulator for Delay-Tolerant Networks* (IEEE Latin America Transactions, 2019).
- *Mobile Data Repeaters: A Tutorial* (IEEE Latin America Transactions, 2019).

- *Technological Convergence For Ethernet Networks In Railways Process Control Systems* (IEEE Latin America Transactions, 2019).
- *Analysis to Quantify and Optimize Spot Beams for a High Throughput Satellite in Ka and Q/V Bands* (IEEE Latin America Transactions, 2019).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHANGAR, A. H., ABYANEH, H. A., & GHAREPETIAN, G. (2015). Negative Effects of Cyber Network (Control, Monitoring, and Protection) on Reliability of Smart Grids Based on DG Penetration. *5th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)* (pp. 54-60). Xi'an China: IEEE.
- AHANGAR, A. H.; ABYANEH, H. A. (2016). Improvement of smart grid reliability considering various cyber network topologies and direct interdependency. *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Conference* (pp. 267-272). Xi'an - China: IEEE.
- ALAM et al, S. (2017). Cognitive radio based Smart Grid Communication Network. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72, 535-548.
- ALBINO, V., BERARDI, U., & DANGELICO, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. In: T. & Group, *Journal of Urban Technology Vol 22* (pp. 1-19). London: Routledge.
- AMIN, S. (22-26 de 07 de 2012). Smart grid security, privacy, and resilient architectures: Opportunities and challenges. *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE*, pp. 1-2.
- ANANTWAR, H., LAKSHMIKANTHA, B. R., & SUNDAR, S. (2017). Fuzzy self tuning PI controller based inverter control for voltage regulation in off-grid hybrid power system. *Energy Procedia* 117, 409-416.
- ANATEL. (5 de 5 de 2005). *Resolução 404 - Aprova alterações no Regulamento do Serviço Móvel Especializado - SME*. Acesso em 6 de 1 de 2018, disponível em Legislação - Anatel: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/20-2005/210-resolucao-404>
- ANATEL. (7 de 8 de 2007). *Resolução 477 - aprova regulamento do Serviço Móvel Pessoal - SMP*. Acesso em 6 de 1 de 2018, disponível em Legislação Anatel: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2007/9-resolucao-477>
- ANATEL. (31 de 10 de 2011a). *Resolução 574 - Aprova o Regulamento de Gestão da Qualidade do SCM - RGQ-SCM*. Acesso em 10 de 12 de 2017, disponível em Legislação - Anatel: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/26-2011/57-resolucao-574>



- ANATEL. (31 de 10 de 2011b). *Resolução 575 - Aprova o Regulamento de Gestão da Qualidade do SMP - RGQ-SMP*. Acesso em 10 de 12 de 2017, disponível em Legislação - Anatel: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/26-2011/68-resolucao-575>
- ANATEL. (19 de 6 de 2013). *Resolução 617 - Aprova o Regulamento do Serviço Limitado Privado*. Acesso em 6 de 1 de 2018, disponível em Legislação - Anatel: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/480-resolucao-617>
- ANATEL. (21 de 08 de 2015). *Indicadores de Qualidade do STFC*. Acesso em 08 de 2019, disponível em <https://www.anatel.gov.br/dados/medidas-adicionais-com-o-funcionam/102-qualidade/indicadores-de-qualidade/291-indicadores-de-qualidade-do-servico-de-telefonia-fixa-stfc>
- ANATEL. (23 de 08 de 2016). *Regulamento de Gestão da Qualidade*. Fonte: Resolução 605/2012: <http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade?layout=edit&id=301>
- ANATEL. (30 de 11 de 2017a). *Qualidade dos Serviços*. Acesso em 14 de 12 de 2017, disponível em Dados - Anatel: <http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade>
- ANATEL. (13 de 12 de 2017b). *Ato No 14.694*. Acesso em 10 de 10 de 2019, disponível em Anatel.gov.br: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/component/content/article/96-atos-de-certificacao-de-produtos/2017/1274-ato-14694>
- ANATEL. (2017c). *Pesquisa de Satisfação e Qualidade Percebida SCM*. Brasília/DF: Anatel.
- ANATEL. (15 de 2 de 2017d). *Relatório de indicadores de desempenho operacional (SCM)*. Acesso em 18 de 1 de 2018, disponível em Qualidade da Banda Larga Fixa: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=346834&filtro=1&documentoPath=346834.pdf>
- ANATEL. (6 de 2 de 2017e). *Relatório de indicadores de desempenho operacional (SMP)*. Acesso em 18 de 1 de 2018, disponível em Qualidade da Telefonia Móvel: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=346831&pub=original&filtro=1&documentoPath=346831.pdf>
- ANATEL. (7 de 12 de 2017f). *Portaria 1718 - aprova Procedimento de Fiscalização SMP*. Acesso em 18 de 1 de 2018, disponível em Legislação: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/procedimentos-de-fiscalizacao/972-portaria-1718>

- ANATEL. (31 de 12 de 2018a). *Relatório de Indicadores de Qualidade do STFC*. Acesso em 01 de 02 de 2020, disponível em Dados Anatel: [https://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com\\_content&view=article&layout=edit&id=305](https://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=305)
- ANATEL. (19 de 06 de 2018b). *Qualidade - Telefonia Móvel*. Acesso em 11 de 01 de 2020, disponível em [anatel.gov.br](https://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade/controle-telefonia-movel#Regulamentados): <https://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade/controle-telefonia-movel#Regulamentados>
- ANATEL. (31 de 12 de 2018c). *Controle de Qualidade*. Acesso em 03 de 01 de 2019, disponível em [Anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade): <http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade>
- ANATEL. (28 de 09 de 2018d). Cloud Anatel - <http://cloud.anatel.gov.br/index.php/s/f2iMqTP5UEF8jWB>. Brasília, DF.
- ANATEL. (05 de 01 de 2020a). *Qualidade - Banda Larga Fixa*. Fonte: Dados - Anatel: <https://www.anatel.gov.br/dados/resultados-de-medidas-concluidas?layout=edit&id=295>
- ANATEL. (09 de 01 de 2020b). *Qualidade - Telefonia Móvel*. Fonte: Telefonia Móvel: <https://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade/controle-telefonia-movel>
- ANEEL. (27 de 11 de 2015). *Indicadores - Qualidade do serviço, do atendimento e outros índices*. Acesso em 19 de 1 de 2018, disponível em Aneel-Indicadores: <http://www.aneel.gov.br/indicadores>
- ANEEL. (2017a). *ANEEL - Procedimentos de Distribuição - Módulo 8*. Acesso em 10 de 12 de 2017, disponível em PRODIST: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- ANEEL. (2017b). *Relatório pesquisa IASC 2017: Brasil, categorias e distribuidoras*. Brasília/DF: Aneel.
- ANEEL. (15 de 03 de 2018a). *Aneel - Consumidores*. Acesso em 11 de 01 de 2020, disponível em [www.aneel.gov.br](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/fornecimento-de-energia-eletrica-no-pais-melhora-em-2017/656877?inheritRedirect=false): [https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/fornecimento-de-energia-eletrica-no-pais-melhora-em-2017/656877?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/fornecimento-de-energia-eletrica-no-pais-melhora-em-2017/656877?inheritRedirect=false)
- ANEEL. (28 de 07 de 2018b). *Painel de Desempenho das Distribuidoras de Energia Elétrica por Município*. Acesso em 01 de 02 de 2020, disponível em [naeel.gov.br](http://www2.aneel.gov.br/relatoriosrig/(S(fqx2qjez2upqdmrl55npthm4))/relatorio.aspx?folder=sfe&report=PainelMunicipio): [http://www2.aneel.gov.br/relatoriosrig/\(S\(fqx2qjez2upqdmrl55npthm4\)\)/relatorio.aspx?folder=sfe&report=PainelMunicipio](http://www2.aneel.gov.br/relatoriosrig/(S(fqx2qjez2upqdmrl55npthm4))/relatorio.aspx?folder=sfe&report=PainelMunicipio)
- ANEEL. (2019, p. 7). *Bibliografia Temática: smart grid – rede elétrica inteligente*. Brasília/DF: CEDOC.

- ANEEL. (10 de 01 de 2020). *Indicadores Individuais de Continuidade por Município*.  
Fonte: Aneel.gov.br: <https://www.aneel.gov.br/limites-dos-indicadores-de-continuidade-por-municipio>
- BARBETTA, P. A., REIS, M. M., & BORNIA, A. C. (2010). *ESTATÍSTICA PARA CURSOS DE ENGENHARIA E INFORMÁTICA*. São Paulo/SP: Atlas S.A.
- BEER et al. (2013). Effects of LED Lamps on the Power-line Communications Channel. *IEEE 17th International Symposium on Power Line Communications and Its Applications* (pp. 209-213). Johannesburg, South Africa: IEEE.
- BELLEN, H. M. (2007). *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- BERNAL et al, E. (2018). A variant to the dynamic adaptation of parameters in galactic swarm optimization using a fuzzy logic augmentation. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)* (pp. 1-7). IEEE.
- BERNAL, E., CASTILLO, O., SORIA, J., F., V., & MELIN, P. (2018). A variant to the dynamic adaptation of parameters in galactic swarm optimization using a fuzzy logic augmentation. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)* (pp. 1-7). IEEE.
- BILLINTON, R., ALI, A. S., & WACKER, G. (5 de 2001). Reliability worth comparisons. In: IEEE, *Power Engineering Review* (pp. 1-9). Arville: IEEE - LLC.
- BRASIL. (26 de 12 de 1996). *Lei 9.427*. Acesso em 10 de 01 de 2020, disponível em Presidência da República - Casa Civil: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9427compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9427compilada.htm)
- BRASIL. (07 de 16 de 1997). *Lei 9.472*. Acesso em 10 de 01 de 2020, disponível em Presidência da República - Casa Civil: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9472.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9472.htm)
- CAVALCANTI et al, J. H. (2012). *LÓGICA FUZZY APLICADA ÀS ENGENHARIAS*. João Pessoa/PB.
- CHEN et al, B. (2020). Networked Microgrids for Grid Resilience, Robustness, and Efficiency: A Review. (IEEE, Ed.) *IEEE Transactions on Smart Grid*, pp. 1-16.
- CHUA, K. H., LIM, Y. S., & MORRIS, S. (2017). A Novel Fuzzy Control Algorithm for Reducing the Peak Demands using Energy Storage System. *Energy Vol 122*, 265-273.
- CORCOLL-SPINA, C. d. (2010). *TESE-LÓGICA FUZZY: reflexões que contribuem para a questão da subjetividade na construção do ...* São Paulo/SP: USP.

- CPqD. (2013). *Cadernos CPqD Tecnologia - volume 9*. Campinas/SP: CPqD. Fonte: [https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Cadernos\\_CPqD\\_Tecnologia\\_v9\\_n1\\_edicao\\_especial\\_Smart\\_Grid.pdf](https://www.cpqd.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Cadernos_CPqD_Tecnologia_v9_n1_edicao_especial_Smart_Grid.pdf)
- CYBIS, L. F., & BENDATI, M. M. (2005). Estudo de indicadores para avaliação da operação de sistema de coleta e tratamento de esgotos: caso do SES Belém Novo (Porto Alegre, RS). *Anais do 23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Campo Grande/MS.
- DARONCO, G. C. (2014). *Proposição e aplicação de metodologia para avaliação e auditoria de planos municipais de saneamento básico*. Porto Alegre/RS: UFRGS.
- DERROUAZIN et al, A. (2017). Multi input-output fuzzy logic smart controller for a residential hybrid solar-wind-storage energy system. *Energy Conversion and Management* 148, 238-250.
- DESCHAMPS et al, E. (04 de 2016). Sistema de Comunicação Digital entre Centro de Operação e Veículos de Manutenção e Emergência. *CGTI - Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação*, pp. 1-8.
- DRUCKER, P. (1968). *PRÁTICA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS*. Rio de Janeiro: 3a. Edição - Fundação de Cultura.
- EDER-NEUHAUSER, P., ZSEBY, T., & FABINI, J. (01 de 2016). Resilience & Security: A Qualitative Survey of Urban Smart Grid Architectures. *IEEE Access: Smart Grids: A Hub of Interdisciplinary Research, Vol. xx, No. xx, January 2016*, pp. 1-9.
- EPE. (mar de 2016). *Resenha Mensal do mercado de energia elétrica*. Acesso em 31 de mar de 2016, disponível em Empresa de Pesquisa Energética: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Fevereiro%202016.pdf>
- ESKANDARI, M., LI, L., & MORADI, H. M. (2018). Improving power sharing in islanded networked microgrids using fuzzy-based consensus control. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 259-269.
- FAMILUA, A. D. (2019). A Review of Communication Technologies for Efficient Communication in the Smart Grid of the 4IR Era. *IEEE PES/IAS PowerAfrica*, pp. 227-232.
- GARCÍA, J. G., LAI, H., & SHEN, L. (2017). Fuzzy Galois connections on fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems* 352, 26-55.

- GTME, G. d. (2008). *A Melhoria da Qualidade da Energia a partir do Gerenciamento de Energia pelo Lado da Demanda*. Brasília: Departamento de Desenvolvimento Energético.
- GUNES, M. H., YUKSEL, M., & CEKER, H. (18 de 05 de 2015). A blind processing framework to facilitate openness in smart grid communications. *Computer Networks*, pp. 14-26.
- GÜNGÖR, V. C., SAHIN, D., KOCAK, T., ERGÜT, S., BUCCELLA, C., CECATTI, C., & HANCKE, G. P. (4 de 11 de 2011). Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics - Vol 7*, pp. 529-539.
- HARDI, P., & SEMPLE, P. (5 de 2008). The dashboard of sustainability: from a metaphor to an operational set of indices. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCE METHODOLOGY*.
- HEGER, T., VODRASKA, J., & KOCUR, Z. (2015). Testing, Troubleshooting and Modelling Tools for Communication Part of Smart Grid. *SMART CITIES SYMPOSIUM*, 1-4.
- HUA SHI, F. N., LI, W., & GULLIVER, T. A. (2013). Cooperative Communications and Mesh Networks for the Smart Grid Data Backhaul. *IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM)*, 313-317.
- IEC-SG3, S. G. (2010). *IEC Smart Grid Standardization Roadmap*. IEC.
- IEEE. (2012). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. New York: IEEE Power Engineering Society.
- IEEE. (15 de 02 de 2018). *IEEE SA - Standard Association*. Acesso em 20 de 08 de 2020, disponível em IEEE.org: <https://standards.ieee.org/project/1366.html>
- IEEE COMMUNICATION SOCIETY. (2013). *IEEE VISION FOR SMART GRID COMMUNICATIONS: 2030 and Beyond*. New York: IEEE STANDARDS ASSOCIATION.
- INMETRO. (2015). *Relatório de Análise de Produtos: Banda Larga Móvel - Internet 3G e 4G*. Brasília/DF: Inmetro-Divíq-Dconf.
- ITU-T. (08 de 08 de 2018). *ITU Conformity and Interoperability Portal*. Acesso em 08 de 08 de 2018, disponível em ITU Standardization: <https://www.itu.int/en/ITU-T/C-I/Pages/default.aspx>

- KABALCI, Y. (2016). A survey on smart metering and smart grid communication. *Renewable and sustainable energy reviews* 57, pp. 302-318.
- KAGAN et al, N. (2009). *Métodos de Otimização Aplicados a Sistemas Elétricos de Potência*. São Paulo/SP: Editora Blucher.
- KAHRAMAN, C. (. (2008). Fuzzy multicriteria decision making: theory and applications with recent developments. *Turkey: Springer Science*.
- KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. (1997). *A estratégia em ação: balanced scorecard*. Rio de Janeiro: 8. Edição.
- KEMAL, M. S., CEOCEA, A., & OLSEN, R. L. (2016). Gateway Placement for Wireless Mesh Networks in Smart Grid Network Planning. *10th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG)*, 144-147.
- KOSKO, B. (1996). *Additive Fuzzy Systems: from function approximation to learning*". New York: McGraw-Hill.
- KRZYSZTOF et al, T. (2017). Time and frequency transfer in modern DWDM telecommunication networks. *Joint Conference of the European Frequency and Time Forum and IEEE International Frequency Control Symposium (EFTF/IFCS)*, 368-370.
- LAMIN, H. (2013). *TESE-Análise de Impacto Regulatório da implantação de redes inteligentes no Brasil*. Brasília/DF: UNB.
- LAVERTY et al, D. M. (2010). Telecommunications for Smart Grid: Backhaul solutions for the Distribution Network. *IEEE PES General Meeting, PES 2010*, pp. 1-6.
- LEHNHART, E. d. (2016). *TOMADA DE DECISÃO EM CONTEXTOS ESPECÍFICOS: uma análise das relações entre os métodos multicritério...* Santa Maria/RS: UFSM.
- LEITE, L. H. (2016). *Estratégia de regulação de tensão em redes de distribuição com geração distribuída fotovoltaica assistida por infraestrutura integrada de telecomunicações*. Belo Horizonte/MG: UFMG.
- MA, K., YANG, J., & LIU, P. (08 de 08 de 2015). Relaying-Assisted Communications for Demand Response in Smart Grid: Cost Model... *JOURNAL OF LATEX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2015*, pp. 1-13.
- MALANDRA, F., & SANSÒ, B. (2017). A simulation framework for network performance evaluation of large-scale RF-mesh AMIs. *Simulation Modelling Practice and Theory* 75, 165-181.

- MAMDANI, E. H., & ASSILIAN, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a Fuzzy Logic controller. *International Journal o man-machine studies*, V. 7, n. 1, pp. 1-13.
- MATARAZZO, E. A., & SILVEIRA, L. M. (17 de 05 de 2004). *Sistemas de Sinalização: a função da sinalização*. Acesso em 12 de 10 de 2017, disponível em Teleco - Tutoriais Telefonia Fixa: [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialss7/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialss7/pagina_3.asp)
- MATEUS, G. P. (2017). *TESE-UM MODELO FUZZY PARA CONTROLE DINÂMICO DO TAMANHO DE QUADROS EM REDES SEM FIO*. Florianópolis/SC: UFSC.
- MENG et al, S. (23 de 10 de 2019). Integration Application of 5G and Smart Grid. *11th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)*.
- MINCOV, N. (2013). Methodological Approach in Creating Technical Guidelines for Planning Smart Grid Communication Networks. *2013 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America)*, 1-4.
- MOCRIL, D., CHEN, Y., & MUSILEK, P. (2018). IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security. *Internet of Things 1-2*, 81-98.
- MOREIRA. (out de 2014). *Cidades Inteligentes: o futuro do Smart Grid no Brasil*. Acesso em 15 de mar de 2016, disponível em Portal O Setor Elétrico: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/1516-cidades-inteligentes-o-futuro-do-smart-grid-no-brasil.html>
- MOREIRA, B. (out de 2014). *Cidades Inteligentes: o futuro do Smart Grid no Brasil*. Acesso em 15 de mar de 2016, disponível em Portal O Setor Elétrico: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/1516-cidades-inteligentes-o-futuro-do-smart-grid-no-brasil.html>
- MUNARETTO, L. F. (2015). *AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL EM COOPERATIVAS DE ELETRIFICAÇÃO: um estudo sobre uso de indicadores de desempenho*. Porto Alegre: Editora Buqui.
- NASCIMENTO, A., REGINATO, L., & LERNER, D. F. (2018). UM ESTUDO SOBRE O EFEITO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL E DE GESTORES... *RIC - Revista de Informação Contábil - ISSN 1982-3967*, 18-42.

- OLIVEIRA, L. R., & PASSADOR, C. S. (2016). The Brazilian Unified National Health System: Proposal of a Cost-effectiveness Evaluation Model. *BAR - Brazilian Administration Review*, 13, 1-6.
- PANAJOTOVIC, B., JANKOVIC, M., & BORISLAV, O. (5-8 de 10 de 2011). ICT and Smart Grid. *TELSIKS 2011*, pp. 118-121.
- PAVANI, O. J., & SCUCUGLIA, R. (2011). *Mapeamento e gestão por processos BPM*. São Paulo: 1. Ed. Makron Books.
- PORTELINHA Jr. et al, F. M. (03 de 2019). An OffLine Fuzzy-Based Decision-Making to Load Shedding in Microgrids. *IEEE PES - ISGT - Latin America*.
- PRAKASH et al, K. R. (2018). A robust power system stabilizer for enhancement of stability in power system using adaptive fuzzy sliding mode control. *Applied Soft Computing Journal*.
- PROFILLIDIS, V., & BOTZORIS, G. (2019). Chapter 9 - Fuzzy Methods. In: Elsevier, *Modeling of Transport Demand - Analyzing, Calculating, and Forecasting Transport Demand* (pp. 383-417). Elsevier.
- REDDY, P. V. (26-28 de 11 de 2014). Generalization of Fuzzy Sets Type-2, Fuzzy Quantifiers Sets and  $\alpha$ -Cut Fuzzy Sets Fuzzy Temporal Sets, Fuzzy Granular Sets and Fuzzy rough... . *International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, pp. 77-81.
- RHUGGENAATH et al, J. (2018). Learning fuzzy decision trees using integer programming. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)*. IEEE.
- RODRIGUES et al. (21-25 de 05 de 2017). GERENCIAMENTO DE ENERGIA E DEMANDA COM A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTELIGENTE – SMART GRID. *XVII ERIAC-DECIMOSÉPTIMO ENCUENTRO-REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ*.
- RODRIGUES et al, M. (set de 2014). A previsão da necessidade de backbone para atender a demanda de tráfego de dados após a instalação maciça de smart metering no brasil. *CIDEL - Argentina*, pp. 30-38.
- SANTIAGO, L. S., & DIAS, S. M. (2012). Matriz de indicadores de Sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia sanitária e ambiental*, pp. 202-2013.



- SCHUERGER, R., ARNO, R., & DOWLING, N. (2015). Why Existing Utility Metrics Do Not Work for Industrial Reliability Analysis. *PSEC-0592. IEEE 978-1-4799-8374-0*, 1-5.
- SCHUERGER, R., ARNO, R., & DOWLING, N. (2015). Why Existing Utility Metrics Do Not Work for Industrial Reliability Analysis. *PSEC-0592*, pp. 1-5.
- SCHWEITZER, Engineering Laboratories. (2010). Redes de comunicação em subestações de energia elétrica - Norma IEC 61850. *O Setor Elétrico*, 56-61.
- SEGATTO et al. (2018). TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR SMART GRIDS: TOTAL COST OPTIMIZATION. In: Elsevier, *Advances in Renewable Energies and Power Technologies* (pp. 451-478). Elsevier Science.
- SHARMA, K., & SAINI, L. M. (2017). Power-line communications for smart grid: Progress, challenges, opportunities and status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 704-751.
- SICHE et al, R. (2007). Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, pp. 137-148.
- SILVA, H. d. (2011). *Tese-Protetor de Rede Inteligente e Relé Digital..., viabilizando Smart Grid e Geração Distribuída...* São Paulo/SP: USP.
- SILVEIRA, L. M., PEDRO, P. S., & URSINI, E. L. (17 de 10 de 2019). Multiservice Heavy Traffic Performance of Small Cells. *IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, pp. 843-850.
- SOHFI, Y., BECHOUAT, M., & KHALA, S. (2016). Fuzzy-PSO controller design for maximum power point tracking in photovoltaic system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1-9.
- SOUZA, G. B., & DEUS JUNIOR, G. A. (2012). *Tecnologias de comunicação e aplicações em Smart Grids*. Goiânia/GO: UFG-Celg.
- TANEMBAUM, W. (2006). *Redes de Computadores*. São Paulo: MC Graw Hill.
- TELECOMUNICAÇÕES, C. D. (2015). *Redes de Telecomunicações - Sistemas Avançados*. Rio de Janeiro: Érica.
- TSIROPOULOS, G. e. (16 de 10 de 2014). Radio Resource Allocation Techniques for Efficient Spectrum Access in Cognitive Radio Networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials ( Volume: 18 , Issue: 1 , Firstquarter 2016 )*.

- ULLAH, R., FAHEEM, Y., & KIM, B. S. (2017). Energy and Congestion-Aware Routing Metric for Smart Grid AMI Networks in Smart City. *IEEE ACCESS*, VOL. XX, pp. 1-12.
- VENKATARAMANAN, V. e. (09 de 2020). A Real-Time Federated Cyber-Transmission-Distribution Testbed Architecture for the Resiliency Analysis. *IEEE Transactions on Industry Applications*, pp. 1-12.
- VERDEGEM, P., & VERLEYE, G. (2009). User-centered E-Government in practice: A comprehensive model for measuring user satisfaction. *Government Information Quarterly*(26), 487-497.
- WANG, W., XU, Y., & KHANNA, M. (2011). A survey on the communication architectures in smart grid. *Computer Networks*, 3605-3629.
- WEIQIANG, Q., BINGBING, C., & WANG, X. (09 de 2020). Research on dynamic trust evaluation mechanism of MAC layer in G3-PLC. *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems (ICAIS)*.
- YAN et al. (4 de 2013). A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*.
- YAN, Y., QIAN, Y., SHARIF, H., & TIPPER, D. (4 de 2013). A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*.
- YIN, X., LEI, M., & PAN, H. (2018). Direct optimal power extraction control for a tidal turbine system based on fuzzy power tuning. *Ocean Engineering* 170, 426-433.
- ZABEO, A., & PIZZOL, L. e. (2011). Regional risk assessment for contaminated sites Part 1: Vulnerability assessment by multicriteria decision analysis. *Environment international*, v.37, n. 8, 1295-1306.
- ZADEH, L. A. (1965). *FUZZY SETS - Information Control*,.vol.8.
- ZADEH, L. A. (1971). Similarity Relations and Fuzzy Orderings. *Information Sciences*, 177-200.
- ZADEH, L. A. (3 de 1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 28-44.

ZHOU et al, Z. (07 de 2020). Power Control Optimization for Large-Scale Multi-Antenna Systems. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, doi: 10.1109/TWC.2020.3010701, pp. 1-14.

## APÊNDICE A – QUADRO DE AVALIAÇÃO DE MÉTRICAS APRESENTADAS

indicador	órgão	classificação	Controle	detalhe
SCM1	Anatel	indicador	taxa de reclamações em relação ao volume de clientes	<2%
SCM2	Anatel	indicador	taxa de reclamações Anatel X prestadora	<2%
SCM3	Anatel	indicador	taxa de reclamações repetidas	<10%
IDA	Anatel	índice	desempenho no atendimento SCM	índice
SCM4	Anatel	indicador	velocidade instantânea contratada	>95%
SCM5	Anatel	indicador	velocidade média contratada	>80%
SCM6	Anatel	indicador	taxa de latência bidirecional	>95%
SCM7	Anatel	indicador	taxa de variação de latência	>95%
SCM8	Anatel	indicador	taxa de perda de pacote	>95%
SCM9	Anatel	indicador	taxa de disponibilidade	>95%
SCM10	Anatel	indicador	taxa de atendimento do atendente	>85%
SCM11	Anatel	indicador	taxa de instalação do serviço	>95%
SCM12	Anatel	indicador	taxa de solicitações de reparo	<5%
SCM13	Anatel	indicador	taxa de tempo de reparo	>95%
SCM14	Anatel	indicador	taxa de resposta ao assinante	>95%
SCM15	Anatel	indicador	pesquisa capacidade de resolução	nc
SCM16	Anatel	indicador	pesquisa competência do atendente	nc
SCM17	Anatel	indicador	pesquisa competência e organização da prestadora	nc
SCM18	Anatel	indicador	pesquisa orientação ao cliente	nc
SCM19	Anatel	indicador	pesquisa cobrança	nc
SCM20	Anatel	indicador	pesquisa qualidade de conexão	nc
SCM21	Anatel	indicador	pesquisa suporte técnico	nc
SMP1	Anatel	indicador	Taxa de reclamações	<1%
SMP2	Anatel	indicador	taxa de reclamações na Anatel	<2%
SMP3	Anatel	indicador	taxa de completamento para atendimento	>95%
SMP4	Anatel	indicador	completamento de chamadas	nc
SMP5	Anatel	indicador	taxa de efetividade dos canais de sinalização	nc
SMP6	Anatel	indicador	taxa de envio de mensagens de texto	nc
SMP7	Anatel	indicador	Taxa de queda de ligações	<2%
SMP8	Anatel	indicador	taxa de conexão	>98%
SMP9	Anatel	indicador	taxa de queda de conexões	<5%
SMP10	Anatel	indicador	Taxa de transmissão instantânea (download)	>95%
SMP11	Anatel	indicador	Taxa de transmissão média	>80%
IDQ	Anatel	índice	todos SMP com pesos iguais	índice
IDA	Anatel	índice	SMP ATENDIMENTO	índice
DIC	Aneel	indicador	duração de interrupção individual	<=2
FIC	Aneel	indicador	frequência de interrupção individual	<=2
DMIC	Aneel	indicador	duração máxima de interrupção	1,5 h
DICRI	Aneel	indicador	duração de interrupção individual para dia crítico	nc
DEC	Aneel	indicador	duração de interrupção por UC	média

FEC	Aneel	indicador	frequência de interrupção por UC	média
DRP	Aneel	indicador	duração de transgressão de tensão precária	nc
DRC	Aneel	indicador	duração de transgressão de tensão crítica	nc
SAIFI	IEEE	indicador	interrupção do sistema	nc
SAIDI	IEEE	indicador	duração da interrupção do sistema	nc
CAIDI	IEEE	indicador	média de duração de interrupção	Nc
CAIFI	IEEE	indicador	frequência de interrupção do sistema	Nc
MAIFI	IEEE	indicador	frequência de interrupção momentânea	Nc

## APÊNDICE B – SAÍDAS DOS CONTROLADORES PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL

REI01	-		
iew Options			
	SMP8/SCM9 = 0.674	SMP9/SCM8 = 0.942	Estabelecimento-Continuidade-Conexão-Dados = 0.925
REI01	-		
iew Options			
	SMP8/SCM9 = 0.125	SMP9/SCM8 = 0.942	Estabelecimento-Continuidade-Conexão-Dados = 0.4
REI01	-		
iew Options			
	SMP8/SCM9 = 0.722	SMP9/SCM8 = 0.122	Estabelecimento-Continuidade-Conexão-Dados = 0.124
REI02	-		
iew Options			
	SMP10/SCM4 = 0.733	SMP11/SCM5 = 0.949	Garantia-taxa-transf-contratada = 0.925
REI02	-		
iew Options			
	SMP10/SCM4 = 0.368	SMP11/SCM5 = 0.361	Garantia-taxa-transf-contratada = 0.124
REI02	-		
iew Options			
	SMP10/SCM4 = 0.106	SMP11/SCM5 = 0.919	Garantia-taxa-transf-contratada = 0.4
REI03	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.416	DIC = 0.436	capacidade-apurar-Instant-interrupt = 0.124
REI03	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.924	DIC = 0.949	capacidade-apurar-Instant-interrupt = 0.925
REI03	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.677	DIC = 0.942	capacidade-apurar-Instant-interrupt = 0.7
REI04	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.113	FIC = 0.376	capacidade-Instant-freq-interrupt = 0.124
REI04	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.644	FIC = 0.106	capacidade-Instant-freq-interrupt = 0.124
REI04	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.958	FIC = 0.354	capacidade-Instant-freq-interrupt = 0.4
REI05	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.905	DEC = 0.968	capacidade-Instant-interrupt-coletiva = 0.925
REI05	-		
iew Options			
	SMP9/SCM8 = 0.0616	DEC = 0.328	capacidade-Instant-interrupt-coletiva = 0.124

REI05

iew Options

SMP9/SCM8 = 0.688	DEC = 0.0918	capacidade-Instant-interrupt-coletiva = 0.124
-------------------	--------------	---

REI06

iew Options

SMP9/SCM8 = 0.0765	FEC = 0.125	capacidade-Instant-freq-interrupt-coletiva = 0.124
--------------------	-------------	--

REI06

iew Options

SMP9/SCM8 = 0.368	FEC = 0.41	capacidade-Instant-freq-interrupt-coletiva = 0.124
-------------------	------------	--

REI06

iew Options

SMP9/SCM8 = 0.621	FEC = 0.919	capacidade-Instant-freq-interrupt-coletiva = 0.925
-------------------	-------------	--

REI07

iew Options

TOPOLOGIA = 0.681	MEIO = 0.949	Qualidade-Infra-Telecom = 0.925
-------------------	--------------	---------------------------------

REI07

iew Options

TOPOLOGIA = 0.39	MEIO = 0.388	Qualidade-Infra-Telecom = 0.124
------------------	--------------	---------------------------------

REI07

iew Options

TOPOLOGIA = 0.763	MEIO = 0.129	Qualidade-Infra-Telecom = 0.124
-------------------	--------------	---------------------------------

## ANEXO A – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS SMP

Grupo do Indicador	Mnemônico	Indicador	Descrição	Meta
Grupo Reação do Usuário	SMP1	Taxa de Reclamações	Razão entre o total de reclamações recebidas na prestadora em todos seus canais de atendimento, e o número total de acessos, no mês.	≤ 1%
Grupo Reação do Usuário	SMP2	Taxa de Reclamações na Anatel	Razão entre o total de reclamações recebidas na Anatel em desfavor da prestadora, e o total de reclamações recebidas na prestadora em todos seus canais de atendimento, no mês.	≤ 2%
Grupo Redes	SMP3	Taxa de Completamento de Chamadas para o Centro de Atendimento	Razão entre o total de chamadas originadas na rede da prestadora e atendidas nos Sistemas de Autoatendimento, e o total de tentativas de chamadas, contadas a partir da alocação do canal de voz, no dia de coleta e em cada PMM.	≥ 95%
Grupo Redes	SMP4	Taxa de Completamento	Razão entre o total de chamadas originadas completadas, e o total de tentativas de originar chamadas, contadas a partir da alocação do canal de voz, no dia de coleta e em cada PMM.	≥ 67%
Grupo Redes	SMP5	Taxa de Alocação de Canal de Tráfego	Razão entre o total de acesso aos canais de sinalização e controle e aos canais de tráfego, para se estabelecer uma chamada, e o total de tentativas de acessar tais canais, no dia de coleta e em cada PMM.	≥ 95%
Grupo Redes	SMP6	Taxa de Entrega de Mensagem de Texto	Razão entre o total de Mensagens de Texto enviadas a partir da rede da prestadora e entregues ao usuário em até 60s, e o total de tentativas de envio, no dia de coleta.	≥ 95%
Grupo Redes	SMP7	Taxa de Queda de Ligações	Razão entre o total de chamadas interrompidas por queda de ligação, e o total de chamadas completadas, no dia de coleta e em cada PMM.	< 2%
Grupo Conexão de Dados	SMP8	Taxa de Conexão de Dados	Razão entre o total de conexões de dados estabelecidas, e o total de tentativas de conexão, no mês.	≥ 98%
Grupo Conexão de Dados	SMP9	Taxa de Queda das Conexões de Dados	Razão entre o total de quedas de conexões de dados, e o total de tentativas de conexão, no mês.	< 5%
Grupo Conexão de Dados	SMP10	Garantia de Taxa de Transmissão Instantânea Contratada	Razão entre a quant. de medições em que o resultado final foi igual ou superior ao percentual da taxa de transmissão máxima contratada, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 95%
Grupo Conexão de Dados	SMP11	Garantia de Taxa de Transmissão Média Contratada - Download	Razão entre o somatório dos valores obtidos nas medições de Taxa de Transmissão Instantânea, em percentual da taxa de transmissão máxima contratada para o Download, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 60% (até out13) ≥ 70% (até out14) ≥ 80% (a partir de nov14)
Grupo Atendimento	SMP12	Taxa de Atendimento pela Telefonista/Atendente em Sistemas de Auto-Atendimento	Razão entre o total de chamadas atendidas pelas telefonistas em até 20s nos Sistemas de Autoatendimento da prestadora, quando esta opção for selecionada pelo usuário, e o total de tentativas de acesso às telefonistas, no dia de coleta.	≥ 90%
Grupo Atendimento	SMP13	Taxa de Resposta ao Usuário	Razão entre o total de solicitações de serviços ou pedidos de informação recebidos e respondidos em até 5 dias úteis, e o total de solicitações de serviços ou pedidos de informação, recebidos pela prestadora no mês mais os relativos aos meses anteriores e ainda não respondidos ao usuário.	≥ 95%
Grupo Atendimento	SMP14	Taxa de Atendimento Pessoal ao Usuário	Razão entre o total de atendimentos presenciais com tempo de espera de até 30min, e o total de atendimentos presenciais, no dia de coleta.	≥ 95%



## ANEXO B – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS SCM

Grupo do Indicador	Minemônico	Indicador	Descrição	Meta
Grupo Reação do Usuário	SCM1	Taxa de Reclamações	Razão entre o total de reclamações recebidas na prestadora em todos seus canais de atendimento, e o número total de acessos, no mês.	≤ 6% (até out13) ≤ 4% (até out14) ≤ 2% (a partir de nov14)
Grupo Reação do Usuário	SCM2	Taxa de Reclamações na Anatel	Razão entre o total de reclamações recebidas na Anatel em desfavor da prestadora, e o total de reclamações recebidas na prestadora em todos seus canais de atendimento, no mês.	≤ 4% (até out13) ≤ 3% (até out14) ≤ 2% (a partir de nov14)
Grupo Reação do Usuário	SCM3	Taxa de Reclamações Reabertas na Prestadora	Razão entre o total de reclamações com reaberturas na prestadora, e o total de reclamações recebidas na prestadora em todos seus canais de atendimento, no mês.	≤ 15% (até out13) ≤ 12% (até out14) ≤ 10% (a partir de nov14)
Grupo Redes	SCM4	Garantia de Velocidade Instantânea Contratada	Razão entre a quant. de medições em que o resultado final foi igual ou superior ao percentual da velocidade contratada, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 95%
Grupo Redes	SCM5	Garantia de Velocidade Média Contratada - Download	Razão entre o somatório dos valores obtidos nas medições de velocidade instantânea de Download, em percentual da velocidade máxima contratada, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 60% (até out13) ≥ 70% (até out14) ≥ 80% (a partir de nov14)
Grupo Redes	SCM6	Latência Bidirecional - Terreste	Razão entre a quant. de medições cujo resultado final permaneceu igual ou inferior à latência de até 80 milissegundos (estabelecido para o Terrestre), e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 85% (até out13) ≥ 90% (até out14) ≥ 95% (a partir de nov14)
Grupo Redes	SCM7	Variação de Latência	Razão entre a quant. de medições cujo resultado final permaneceu igual ou inferior à variação de latência de até 50 milissegundos, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 80% (até out13) ≥ 90% (até out14) ≥ 95% (a partir de nov14)
Grupo Redes	SCM8	Taxa de Perda de Pacote	Razão entre a quant. de medições cujo resultado final permaneceu igual ou inferior a 2% dos pacotes descartados, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 85% (até out13) ≥ 90% (até out14) ≥ 95% (a partir de nov14)
Grupo Redes	SCM9	Taxa de Disponibilidade	Razão entre a quant. de medições cujo resultado final permaneceu igual ou superior à disponibilidade mensal de 99%, e o total de medidas realizadas com validade estatística, no mês.	≥ 85% (até out13) ≥ 90% (até out14) ≥ 95% (a partir de nov14)
Grupo Atendimento	SCM10	Taxa de Atendimento pelo Atendente em Sistemas de Autoatendimento	Razão entre o total de chamadas atendidas pelas telefonistas em até 20s nos Sistemas de Autoatendimento da prestadora, quando esta opção for selecionada pelo usuário, e o total de tentativas de acesso às telefonistas, no dia de coleta.	≥ 80% (até out13) ≥ 85% (a partir de nov13)
Grupo Atendimento	SCM11	Taxa de Instalação do Serviço	Razão entre o total de solicitações de instalação em até 10 dias úteis, e o total de solicitações de instalação recebidas na prestadora, no mês.	≥ 90% (até out13) ≥ 95% (a partir de nov13)
Grupo Atendimento	SCM12	Taxa de Solicitações de Reparo	Razão entre o total de solicitações de reparo recebidas na prestadora, e o número total de acessos, no mês.	≤ 8% (até out13) ≤ 7% (até out14) ≤ 5% (a partir de nov14)
Grupo Atendimento	SCM13	Taxa de Tempo de Reparo	Razão entre o total de solicitações de reparo atendidas em até 24h, e o total de solicitações de reparo recebidas na prestadora, no mês.	≥ 90% (até out13) ≥ 95% (a partir de nov13)
Grupo Atendimento	SCM14	Taxa de Resposta ao Assinante	Razão entre o total de solicitações de serviços ou pedidos de informação recebidos e respondidos em até 5 dias úteis, e o total de solicitações de serviços ou pedidos de informação, recebidos pela prestadora no mês mais os relativos aos meses anteriores e ainda não respondidos ao assinante.	≥ 90% (até out13) ≥ 95% (a partir de nov13)

## ANEXO C – QUADRO DE INDICADORES OPERACIONAIS STFC

REAÇÃO DO USUÁRIO	<b>REL</b>	Taxa de Reclamações na modalidade Local	Reclamações recebidas na prestadora referente à modalidade local pelo total de acessos individuais em serviço	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	Local
	<b>RED</b>	Taxa de Reclamação na(s) modalidade(s) de Longa Distância	Reclamações recebidas na prestadora referente às modalidades LDN e LDI pelo total de documentos de cobrança emitidos para essas modalidades	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	LDN, LDI
	<b>REA</b>	Taxa de Reclamações na Anatel	Reclamações recebidas na Anatel sobre o total da prestadora, para todas as modalidades	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	Local, LDN e LDI
	<b>RAI</b>	Número de Solicitações de Reparo de Acessos Individuais	Solicitações de reparo de acessos individuais recebidas na prestadora por 100 acessos individuais em serviço	≤ 2	Área de Numeração (popular DDD)	Local
	<b>TEP</b>	Número de Solicitações de Reparo de TUP/TAP	Solicitações de reparo de TUP/TAP recebidas na prestadora concessionária das modalidades Local e LDN por 100 acessos coletivos em serviço	≤ 5	Área de Numeração (popular DDD)	Local e LDN
	<b>TEP2</b>	Número de Solicitações de Reparo de TUP/TAP	Solicitações de reparo de TUP/TAP recebidas na prestadora concessionária das modalidades LDN e LDI por 100 acessos coletivos em serviço	≤ 5	Área de Atuação	LDN e LDI
	<b>DCE</b>	Número de Documentos de Cobrança com Reclamação de Erro	Documentos de cobrança com reclamação de erro por 1.000 documentos de cobrança emitidos	≤ 2,5	Área de Numeração (popular DDD)	Local, LDN e LDI