



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE  
TELECOMUNICAÇÕES

**MARCELO CARLOS AFONSO CARVALHO**

# **Modelo de Previsão Computacional para a Manutenção de Redes Elétricas de Energia**

NITERÓI

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE  
TELECOMUNICAÇÕES

**NOME MARCELO CARLOS AFONSO CARVALHO**

**Modelo de Previsão Computacional para a Manutenção de Redes  
Elétricas de Energia**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações. Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica

Orientador:

Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes

Coorientador:

Prof. Dr. Angelo Cesar Colombini

NITERÓI

29 de junho de 2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

C331m Carvalho, Marcelo Carlos Afonso  
Modelo de Previsão Computacional para a Manutenção de  
Redes Elétricas de Energia / Marcelo Carlos Afonso Carvalho. -  
2022.  
109 f.

Orientador: Marcio Zamboti Fortes.  
Coorientador: Angelo Cesar Colombini.  
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,  
Escola de Engenharia, Niterói, 2022.

1. Modelo, simulação computacional, previsão e  
planejamento da manutenção. 2. DEC e FEC. 3. Estrutura de  
projeto, bancos de dados, incerteza, rastreabilidade,  
qualidade de energia, gestão da qualidade e simulação. 4.  
Lógica Fuzzy. 5. Produção intelectual. I. Fortes, Marcio  
Zamboti, orientador. II. Colombini, Angelo Cesar,  
coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de  
Engenharia.IV. Título.

CDD - XXX

MARCELO CARLOS AFONSO CARVALHO

MODELO DE PREVISÃO COMPUTACIONAL PARA A MANUTENÇÃO DE  
REDES ELÉTRICAS DE ENERGIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações.

Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA



---

**Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes** - Orientador  
Universidade Federal Fluminense – UFF



---

**Prof. Dr. Angelo Cesar Colombini** - coorientador  
Universidade Federal Fluminense - UFF



---

**Prof. Dr. Felipe Sass**  
Universidade Federal Fluminense - UFF



---

**Prof. Dr. Carlos Roberto Valêncio**  
Universidade Estadual Paulista – UNESP

Niterói  
(junho/2022)

*Dedico esse trabalho a Deus, meu Senhor; à minha mãe, primeira e incansável orientadora;  
aos Professores que combatem o bom combate na educação; aos amigos e o apoio prestado  
nos momentos difíceis; e à minha esposa e família, fontes de inspiração e luz.*

# Agradecimentos

Agradeço a Deus, pelo sopro da vida, por Sua presença, proteção, paz, e orientação presentes desde a aurora da minha vida.

A minha mãe, Sonia, eterna mestra e fonte de luz.

Aos meus Professores, que orientaram, profissionalizaram, embutiram valores; deram força e direção à concretização de sonhos e aspirações.

A esposa e companheira Celia, pelo animo e paciência durante meus estudos.

Aos meus filhos amados, Gustavo e Diogo, que me inspiram nas estradas da vida.

A minha família e irmãos Claudio e Marcos, que amo e que dão sentido a insensatez do mundo.

Aos amigos pelo sustento na coragem.

Ao Instituto Nacional de Metrologia, Tecnologia e Qualidade – INMETRO pelo apoio da instituição, chefias e diretorias.

Aos colegas de trabalho, no Brasil e nos Estados Unidos, em especial aos Senhores Bernard Nicholas Roger Arker e Hélio Geraldino Filho, que deram apoio e patrocínio ao meu curso de engenharia e tornaram possível esse momento; e aos irmãos apresentados no mundo pelo Criador, Bruno Marchevsky, André Wiermann, e José Antonio Lossio Seiblit, essenciais a minha vida e carreira.

# Resumo

A construção de modelos computacionais viáveis e aplicáveis à previsão da manutenção das redes de energia elétrica de potência oferece oportunidades ao planejamento e à economia em multas por interrupções de serviço e outros eventos de perda de qualidade relacionados à distribuição de energia pelas empresas concessionárias. Este trabalho apresenta uma estrutura recomendável ao desenvolvimento, manutenção e atualização da entrada de dados, que pode ser periodicamente alimentada para aumento da acurácia dos resultados. A solução deve se aproximar dos valores de referência reais, baseada em valores anteriores e respectivos desvios. A simulação se aplica ao melhor uso de recursos estimados no planejamento de custos anuais de manutenção das redes de energia elétrica. Os dados foram obtidos de concessionária de energia, registrados em 2014, 2016 e 2017 das especificações dos Procedimentos para Distribuição de Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) PRODIST Módulo 8 revisões 4, 7 e 8, aprovados nas Resoluções Normativas nº 469/2011 [1], nº 664/2015 [2] e nº 728/2016 [3] respectivamente. O modelo foi inicialmente idealizado ao emprego do método estatístico de Monte Carlo [4], na expectativa da identificação dos fatores de maior importância para a ocorrência de falhas nas redes de energia sobre as unidades consumidoras. As falhas, medidas em tempo (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora - DEC); ou frequência, (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora - FEC) são calculadas em multas definidas no PRODIST, atualmente na revisão 13, Res. Normativa nº 956/2021 [5]. Diversas linguagens de programação (Visual Basic, VBA, Python, etc.) foram usadas para o processamento dos dados referente às datas, duração, frequência, pessoas afetadas, localização, equipamentos falhos, tipo de instalação, causas e clima associados às interrupções e manutenções elétricas da rede. O método, durante seu desenvolvimento, antecipou a finalização em Monte Carlo [4] e concluiu-se em método Estatístico-Fuzzy [6] (Nebuloso).

**Palavras-chaves:** Modelos de simulação computacional, previsão e planejamento da manutenção, tomada de decisão, Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, DEC, FEC, estrutura de projeto, bancos de dados, incertezas e rastreabilidade, qualidade de energia, gestão da qualidade, segurança, código aberto, risco, programação, regulamentação, simulação, lógica fuzzy.

# Abstract

The construction of viable and applicable computational models for the prediction of electric power grids' maintenance offer opportunities for planning and savings on penalties due to service interruptions and other related loss of quality events related to the power distribution by concessionary companies. It is presented a framework, recommended for the development, maintenance and update of data input, which can be periodically fed for the increase of results accuracy. The solution must get closer to the real reference values, based on previous data values and respective deviation. The simulation applies for a better use of the resources estimated during the annual cost planning for the maintenance of the power networks. Data was obtained from a power distribution concessionary, recorded in 2014, 2016 and 2017, within the procedure specifications for the power distribution by the National Agency for Electrical Power (ANEEL) PRODIST Module 8 revisions 4 [1], rev. 7 [2], and rev. 8 [3], approved by Normative Resolutions n° 469/2011; n° 664/2015; and n° 728/2016, respectively. The model was initially idealized to use the statistical method of Mont Carlo [4], with the expectation to identify the most relevant factors to the power network faults over the consumer units. The faults, measured by time (equivalent duration of power service interruptions – DEC); or frequency (equivalent frequency of electric power service interruptions – FEC); are calculated on penalties values defined on PRODIST, currently at revision 13, Normative Resolution n° 956/2021 [5]. Several programming languages (Visual Basic, VBA, Python, etc.) were used to process data about dates, duration, frequency, affected people, location, fault equipment, type of installation, causes and climate associated to power interruptions and network maintenance. The method during its development anticipated the finalization from Mont Carlo [4] concluding itself in a Statistical-Fuzzy [6] method.

**Keywords:** Computational simulation model, maintenance prediction and planning, decision-making, equivalent duration of electric power service interruptions per customer, equivalent frequency of electric power service interruptions per customer unit, DEC, FEC, project framework, database, uncertainty and traceability, power quality, quality management, safety, free and open source (FOSS), risk, computer program, regulation, simulation, fuzzy logic.



# Lista de Figuras

FIGURA 1 – TRIÂNGULO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS .....	21
FIGURA 2 – CAMINHOS DO CONHECIMENTO PARA ELABORAÇÃO DE SISTEMAS NEBULOSOS [6] .....	28
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DA ORGANIZAÇÃO DE DADOS PARA CLASSIFICAÇÃO.....	35
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA DO CLASSIFICADOR DE ATRIBUTOS .....	36
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DA PREPARAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE .....	43
FIGURA 6 – FLUXOGRAMA DO MÉTODO DE PROCESSAMENTO DOS REGISTROS: ENTRADAS E SAÍDAS .....	48
FIGURA 7 – FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO FINAL DA INFORMAÇÃO.....	51
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA DA ETAPA MANUAL FINAL DO MÉTODO .....	52
FIGURA 9 – GRÁFICOS POR DIA DA SEMANA - 2017(A), 2016(B) DAS TABELA 16.....	58
FIGURA 10 - GRÁFICOS POR DIA DA SEMANA - 2014(C) E IGLR (D) DAS TABELA 16 E TABELA 18.....	59
FIGURA 11 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS AO MÊS EM 2017, 2016 E 2014. ....	60
FIGURA 12 - GRÁFICOS POR MÊS - 2017(A), 2016(B) DA FIGURA 11.....	60
FIGURA 13 - GRÁFICOS POR MÊS - 2014(C) E IGLR(D) DA FIGURA 11.....	61
FIGURA 14 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS AO MUNICÍPIO AFETADO - 2017, 2016 E 2014.....	62
FIGURA 15 - GRÁFICOS POR MUNICÍPIO - 2017 (A)(B), 2016(C), 2014(D) E IGLR (E) DA FIGURA 14.....	63
FIGURA 16 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS À CAUSA - 2017, 2016 E 2014.....	65
FIGURA 17 - GRÁFICOS POR CAUSA - 2017(A), 2016(B), 2014(C), (D) E IGLR (E) DA FIGURA 16.....	66
FIGURA 18 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS A CAUSA-RAIZ - 2017, 2016 E 2014. ....	68
FIGURA 19 - GRÁFICOS POR CAUSA RAIZ - 2017(A), 2016(B), 2014(C), (D) E IGLR (E) DA FIGURA 18.....	69
FIGURA 20 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS ÀS SUB CAUSAS-RAÍZES - 2017, 2016 E 2014.....	70
FIGURA 21 - GRÁFICOS POR SUB CAUSA RAIZ - 2017(A), 2016(B), 2014(C) E IGLR (D) DA FIGURA 20.....	71
FIGURA 22 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS ÀS SUBESTAÇÕES - 2017, 2016 E 2014.....	72
FIGURA 23 - GRÁFICOS POR SUBESTAÇÃO - 2017(A), 2016(B), 2014(C) E IGLR (D) DA FIGURA 22.....	73
FIGURA 24 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS AOS EQUIPAMENTOS - 2017, 2016 E 2014.....	75
FIGURA 25 - GRÁFICOS POR EQUIPAMENTO - 2017(A), 2016(B), 2014(C) E IGLR (D) DA FIGURA 24.....	76
FIGURA 26 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS AO TIPO DE INSTALAÇÃO - 2017, 2016 E 2014.....	77
FIGURA 27 - GRÁFICOS POR TIPO DE INSTALAÇÃO - 2017(A), 2016(B) E 2014 (E) DA FIGURA 26.....	77
FIGURA 28 - INTERRUPÇÕES RELACIONADAS A DESCRIÇÃO DO CLIMA - 2017, 2016 E 2014.....	79
FIGURA 29 - GRÁFICOS POR DESCRIÇÃO DO CLIMA - 2017,) E 2016(B) DA FIGURA 28.....	80

# Lista de Tabelas

TABELA 1 – NORMAS INTERNACIONAIS SOBRE BANCOS DE DADOS SQL .....	5
TABELA 2 – DADOS DE INTERRUÇÃO DE SERVIÇOS DE ELETRICIDADE.....	7
TABELA 3 – TABELAS AUXILIARES .....	9
TABELA 4 – COMPARAÇÃO ENTRE ASSEMBLER, C, C++, VB E VISUAL STUDIO, VBA E PYTHON.....	24
TABELA 5 – CÁLCULO % DO ÍNDICE DE GRAVIDADE LOCAL RELATIVO (IGLR) (%) .....	30
TABELA 6 – VARIÁVEIS PARA CÁLCULO DO IGLR (%).....	31
TABELA 7 – EXEMPLO DE CÓDIGOS DE CLASSIFICAÇÃO .....	32
TABELA 8 – EXEMPLO DA ESTRUTURA DO ARQUIVO “TABELA AUXILIAR” .....	33
TABELA 9 – PROPRIEDADE DAS VARIÁVEIS EM VBA .....	37
TABELA 10 – RESUMO DAS VARIÁVEIS CRIADAS PARA O SISTEMA .....	37
TABELA 11 – TRATAMENTO DE ERROS .....	38
TABELA 12 – INICIAÇÃO DA PLANILHA E DA FOLHA DE TRABALHOS.....	40
TABELA 13 – LEITURA DAS TABELAS AUXILIARES.....	41
TABELA 14 – ATIVAÇÃO E PREPARAÇÃO PARA ANÁLISE DE DADOS .....	44
TABELA 15 – DETERMINAÇÃO DO SOMATÓRIO DO NUC, DIC E EVENTOS POR CLASSE.....	46
TABELA 16 – TITULAÇÃO, ROTULAÇÃO, CÁLCULOS E LIMPEZA FINAL .....	49
TABELA 17 – INTERRUÇÕES RELACIONADAS AO DIA DA SEMANA - 2017 .....	56
TABELA 18 – INTERRUÇÕES RELACIONADAS AO DIA DA SEMANA - 2016 .....	56
TABELA 19 – INTERRUÇÕES RELACIONADAS AO DIA DA SEMANA - 2014 .....	57
TABELA 20 – DADOS NÃO TRABALHADOS, EM FORMATO CSV .....	93
TABELA 21 – DADOS DA TABELA 20 ORGANIZADOS EM INFORMAÇÃO PARA O PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM .....	94
TABELA 22 – LISTA DE FATOS GERADORES PARA 2022, 2017, 2016 E 2014 .....	95

# Lista de Abreviaturas e Siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CSV	<i>Comma-separated values</i> : Extensão para arquivos com valores separados por vírgulas ou ponto e vírgulas (MSDOS© CSV)
FOSS	<i>Free and Open Source Software</i>
FUZZY	Lógica Nebulosa ( <i>Fuzzy</i> ), onde detalhes não são bem definíveis,
GQ	Gestão da Qualidade
GUI	<i>General User Interface</i> : Interface Geral do Usuário
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MF	<i>Membership Function</i> : Função de Pertinência FUZZY
NDA	<i>Non-Disclosure Agreement</i> : Acordo de confidencialidade
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology (USA)</i> : Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia norte-americano
OS	<i>Operational System</i> : Sistema operacional do computador

PPGEET	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica de Telecomunicações
PRODIST	Procedimentos para Distribuição de Energia Elétrica
SQL	<i>Structured Query Language</i> : Linguagem Estruturada para Consultas
VB	<i>Visual Basic</i>
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

# Sumário

<b>Capítulo 1 - Introdução</b> .....	1
1.1 Motivação .....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Estrutura do Estudo .....	4
1.3.1 Banco de dados ( <i>Database</i> ).....	5
1.3.2 Incertezas .....	13
1.3.3 Rastreabilidade Metrológica.....	14
1.3.4 Qualidade de Energia.....	16
1.3.5 Gerenciamento da Qualidade (GQ).....	17
1.3.6 Segurança .....	18
1.3.7 Código aberto - <i>Free and Open Source (FOSS)</i> .....	19
1.3.8 Risco .....	20
1.3.9 Confidencialidade .....	21
1.3.10 Tecnologia da informação .....	22
1.3.11 Programação e ferramentas de software .....	22
1.3.12 Linguagens Computacionais.....	23
1.3.13 Regulamentação .....	25
1.3.14 Simulação .....	25
<b>Capítulo 2 - Conceituação Teórica</b> .....	26
2.1 Reorientação do estudo à metodologia Nebulosa .....	27
2.2 O estudo diante da metodologia nebulosa .....	29
2.3 Organização da planilha de dados anuais .....	31
2.3.1 Classificação.....	32
2.3.2 Macros VBA .....	33
2.3.3 Preparação dos dados .....	33
2.3.4 Processamento .....	34
2.4 Preparação para análise .....	35
2.4.1 Variáveis.....	37
2.4.2 Tratamento de erros.....	38
2.4.3 Registro das interrupções anuais .....	39
2.4.4 Tabelas auxiliares à memória .....	40
2.5 Processamento dos registros: entradas e saídas.....	43

2.5.1	Abertura da planilha e da folha de trabalho.....	44
2.5.2	Análise e organização da informação.....	45
2.6	Cálculos e processos relevantes.....	49
2.7	Processos manuais.....	52
<b>Capítulo 3 - Apresentação do Problema.....</b>		<b>53</b>
3.1	Indicadores e Planejamento.....	53
3.2	Aplicação das soluções propostas.....	55
<b>Capítulo 4 - Análise dos dados.....</b>		<b>56</b>
4.1	Clusters.....	56
4.1.1	Dia da semana.....	56
4.1.2	Mês.....	59
4.1.3	Município.....	61
4.1.4	Causa.....	63
4.1.5	Causa-Raiz.....	66
4.1.6	Sub Causa Raiz.....	69
4.1.7	Subestação.....	71
4.1.8	Equipamento.....	74
4.1.9	Tipo de instalação.....	76
4.1.10	Condição climática.....	78
4.2	Comentários.....	80
4.3	Conclusões.....	81
4.4	Trabalhos Futuros.....	83
<b>Bibliografia.....</b>		<b>85</b>
<b>Anexo A – Tabelas Complementares.....</b>		<b>92</b>

# Capítulo 1 - Introdução

Diversas ferramentas de software são usadas para a criação de modelos [7] para a previsão metodológica de eventos futuros baseados em dados pré-existentes. A observação do comportamento das variáveis do sistema permite determinar tendências; e a estimativa antecipada de dos eventos críticos para controle, no presente estudo, destinam-se ao planejamento estratégico à redução do impacto das falhas do sistema de distribuição elétrica. Consequentemente é possível promover a melhoria da qualidade dos serviços, por meio de modelos computacionais destinados à previsão de eventos futuros de manutenção, que auxiliem na aplicação dos recursos materiais e financeiros disponíveis para prioridades que resultem numa maior redução das falhas e as multas por interrupção do fornecimento de energia elétrica para as unidades consumidoras. Os dados utilizados são reais e foram obtidos de concessionária de prestação de serviços de eletricidade, descritos em relatórios dos problemas que afetaram a qualidade do fornecimento de serviços de eletricidade, avaliados e medidos por unidade consumidora em tempo e frequência em períodos anuais em 2014, 2016 e 2017. Na construção do modelo, o estudo identificou elementos para embasamento do projeto, e como projeto de engenharia revisitou requisitos básicos tais como segurança, risco, qualidade, rastreabilidade metrológica, cálculo de incertezas, aspectos construtivos da formação de bancos de dados que possam garantir a continuidade da pesquisa e projeto. O estabelecimento dos requisitos necessários conduz ao cenário multidisciplinar que provê não somente modelo, mas também a observação de outros recursos de uma estrutura que permita o contínuo aperfeiçoamento da pesquisa.

Sobre o contexto histórico do problema a ser resolvido, observa-se o marco legal da privatização para distribuição de energia elétrica, no Brasil, estabelecido pela Lei nº 8.631 de 4 de março de 1993 [8]; e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995 [9], que dispuseram sobre as tarifas para o serviço público de energia elétrica e a criação do regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos respectivamente. Essas leis foram seguidas pela Lei nº 9,427, de 26 de Dezembro de 1996 [10], que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para regulamentação, controle da produção, transmissão, distribuição e a comercialização de energia elétrica no Brasil. Em 2008, a ANEEL publicou os Procedimentos para a Distribuição de Energia Elétrica PRODIST, do Sistema Nacional de Energia, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica [11], mandatórios à distribuição de energia elétrica, e, desde essa publicação, todas as concessionárias buscam atender o regulamento

técnico e sofrem penalidades quando não cumprem os parâmetros estabelecidos. O estudo busca determinar métodos computacionais para uma melhor alocação anual dos recursos destinados à manutenção preventiva das redes de distribuição de energia, que minimize o impacto nos eventos de qualidade; as penalidades pagas à ANEEL; e os gastos adicionais resultantes, resultando em melhor qualidade de energia às unidades consumidoras. Além disso, o estudo apresenta a estrutura de projeto ideal ao gerenciamento das atividades programadas para a manutenção preventiva das redes de distribuição elétrica, sendo baseado num largo histórico de registros de atendimentos de anos anteriores, usados como elementos básicos para a avaliação matemática e extrapolações capazes de prever probabilidades de novas ocorrências. A construção da simulação segue requisitos técnicos e metodologia para que novos valores possam ser incorporados ao banco de dados (de registros) e novos ajustes da curva de previsão possam ser projetados. A metodologia da simulação inicia-se em processo estatístico, na busca da solução pelo Método de Monte Carlo [4], entretanto conclui-se por lógica nebulosa (*Fuzzy*) [6], conforme apresentado no Capítulo 2 - Conceituação Teórica.

## 1.1 Motivação

Determinar as causas para ocorrência de eventos de qualidade relacionados à manutenção da rede de distribuição elétrica, que não se limitam ao envelhecimento dos componentes do sistema, mas incluem os tipos de linhas de distribuição da região (e.g. aérea ou subterrânea); o aumento de demanda por energia; da potência reativa e ativa consumida no sistema, as potências elétricas reativas e ativas disponíveis para distribuição elétrica numa específica região e a proximidade da oferta à demanda; a data do calendário, como feriados, finais de semana ou dias de semana; da densidade populacional da região do evento; as condições socioeconômicas na região onde a rede está localizada; o treinamento das equipes de manutenção; e as condições climáticas como calor, ventos fortes, tempestades, etc., sendo informações estratégicas para a programação da manutenção das empresas concessionárias responsáveis pela distribuição da energia elétrica nas cidades. Este cenário é multifatorial, se repete-se anualmente e encontra-se registrado em bancos de dados. Entretanto, para esse trabalho, existe uma enorme dificuldade da coleta e registro dos dados e seus valores de forma adequada, correta e sem perda de informação. Registros errados dos dados sobre os incidentes de interrupção elétrica são desvios que podem produzir resultados algumas vezes fora das distribuições estatísticas e, desta forma, constituir “*outliers*” ou “*strays*” dos eventos de



qualidade na rede. O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia norte-americano NIST recomenda que a identificação de um potencial “*outliers*” ou “*strays*” é importante, porque pode indicar a presença de um dado ruim, entretanto observa a possibilidade de ser impossível determinar se o dado é ou não somente o resultado de uma variação aleatória, ou outro fato de interesse científico. A recomendação final é que esses dados não sejam simplesmente apagados da observação. O NIST alerta, no caso de um número significativo de pontos não representativos, que seja considerado o uso de métodos estatísticos robustos [12]. Outro problema bastante comum é a dificuldade em se coleccionar e manter dados em formato organizado e estruturado, onde se garanta a integridade e proteção dos elementos disponíveis para que sejam capazes de gerar estudos e resultados estimados aos valores reais, com o conhecimento de incertezas em simulações e outras aplicações científicas. Ao desafio, soma-se a perda de esforços para a obtenção de dados de estudos da universidade anteriormente publicados. A projeção futura, pela identificação das causas principais para os eventos de interrupção dos serviços de eletricidade, seguida dos demais fatores apresentados anteriormente, constituem motivadores suficientes para a procura de novas abordagens e soluções, que esbarra na identificação das dificuldades para a continuidade de novos trabalhos acadêmicos que aumentam cada vez mais ao se tornarem indisponíveis dados de pesquisas anteriores, pela perda de tempo da repetição de tarefas extensivas previamente realizadas. A ausência de depositórios seguros para a guarda de valiosos “*datasets*” de pesquisas anteriormente desenvolvidas na própria universidade, em “ferramentas” de armazenamento seguras para os dados; a falta de acordos de confidencialidade entre empresas e universidades; e entre universidades e alunos; e a ausência de política clara sobre a propriedade intelectual dos dados do projeto, se pertencentes ao autor ou à universidade, são aspectos apresentados no trabalho como requisitos para construção de modelos computacionais. O projeto e seus requisitos técnicos, em ambientes de bancos de dados relacionais protegidos e mais abrangentes que limitadas planilhas CSV, fora das nuvens na internet, mantidos ao alcance de novas pesquisas, na confiança estabelecida por acordos de confidencialidade, concluem os fatores motivadores para o desenvolvimento do presente modelo de previsão computacional para a manutenção de redes elétricas de energia.

## 1.2 Objetivos

Métodos de previsão computacionais para solução de problemas de engenharia requerem o mesmo esforço e atenção necessária a qualquer projeto de engenharia. Em geral, não são firmadas definições claras de estruturas no estudo acadêmico, considerando que o pesquisador deve ser livre; mas, tratando-se de engenharia, são necessários balizamentos e orientações para a realização correta, cabendo ao aluno unificar as informações necessárias. O modelo proposto se baseia em código aberto [13], observando-se que o atual uso excessivo de recursos e ferramentas gratuitas, bem como o compartilhamento irrestrito de dados em nuvens e redes sociais que escondem políticas que podem comprometer a integridade científica ou mesmo a segurança da universidade contra a perda de propriedade intelectual, ocultas em cláusulas de licenças de software para uso das supracitadas ferramentas [14]. Programas podem ser compilados em executáveis por meio de compiladores não gratuitos [15]. Deste modo, a linguagem de software Python [16][15] [15][15] seria usada no trabalho, considerando o crescente uso, entretanto, contrabalançando-se recursos e limitações intrínsecas e desempenho restritivos, o projeto foi desenvolvido em VBA [17]. O desempenho das diversas linguagens computacionais para o desenvolvimento do projeto do modelo de simulação é apresentado na Tabela 4 - Comparação entre Assembler, C, C++, VB e Visual Studio, VBA e Python. Diversos pontos importantes para definir a direção do projeto são apresentados em 1.3, Estrutura do Estudo.

## 1.3 Estrutura do Estudo

A estrutura do projeto encontra na engenharia elementos para o desenvolvimento do modelo de previsão computacional para manutenção de redes elétricas de energia, pesquisa, análise computacional e de sistemas que dependam de banco de dados e de outras ferramentas organizacionais e analíticas. A complexidade pode apontar novas direções, visto que algumas universidades estão criando espaços [18] para o desenvolvimento multidisciplinar [19] importante à melhoria [20] e aumento da relevância e reconhecimento de seus trabalhos. Não é intenção desse estudo se aprofundar nos temas, mas apresentá-los como proposta a continuação desse estudo, visto que especificações indispensáveis aos projetos de engenharia não são frequentemente exibidas ou discutidas. Bancos de dados (1.3.1), Incertezas (0), Rastreabilidade metrológica (1.3.3), Qualidade de energia (1.3.4), Gerenciamento da qualidade

(1.3.5), Segurança (Aspectos gerais, 1.3.6), Código aberto (1.3.7); Risco (Gerenciamento, 1.3.8); Confidencialidade (Acordos, 1.3.9), Tecnologia de informação (1.3.10), Programação e ferramentas de software (1.3.11), Linguagens computacionais (1.3.12) e Regulamentação (1.3.13) precisam ser avaliadas para cada projeto até a criação do modelo que permita a simulação (1.3.14) e solução do problema. Aos modelos de simulação computacionais, a mais simples especificação que deve ser aplicada é a “qualidade” desejada, conforme a ISO 9000 [21], que corresponde “ao grau para o qual um conjunto de características distintas intrínsecas ou atribuídas; qualitativas ou quantitativas, que atendem critérios exigidos ou estabelecidos com resultados registrados e documentados, atingem as necessidades, expectativas implícitas ou obrigatórias, costumeiras ao que se realiza”, sendo clientes e fornecedores da pesquisa universitária os Professores, alunos, graduados, pós-graduados, pesquisadores; outras pessoas, organizações ou partes de organizações com interesse no desempenho ou sucesso do trabalho acadêmico de forma implícita, melhor apresentados no item 1.3.5.

### 1.3.1 Banco de dados (*Database*)

Bancos de dados são ferramentas importantes para geração de informação e respondem a comandos e protocolos para Linguagem Estruturada para Consultas (SQL) [22][23], contidos nas normas da lista da Tabela 1 - Normas internacionais sobre bancos de dados SQL:

**Tabela 1 - Normas internacionais sobre bancos de dados SQL**

Norma	Parte	Ano	Assunto	Aplicação	Ling.	Detalhes
IEC 61512	2	2001	Batch control	Data structures and guidelines for languages	SQL	
ISO/IEC 9075	1	2016	Information technology	Database languages	SQL	Framework (SQL/Framework)
ISO/IEC 9075	2	2016	Information technology	Database languages	SQL	Foundation (SQL/Foundation)
ISO/IEC 9075	3	2016	Information technology	Database languages	SQL	Call-Level Interface (SQL/CLI)
ISO/IEC 9075	4	2016	Information technology	Database languages	SQL	Persistent stored modules (SQL/PSM)
ISO/IEC 9075	9	2016	Information technology	Database languages	SQL	Management of External Data (SQL/MED)

Norma	Parte	Ano	Assunto	Aplicação	Ling.	Detalhes
ISO/IEC 9075	10	2016	Information technology	Database languages	SQL	Object language bindings (SQL/OLB)
ISO/IEC 9075	11	2016	Information technology	Database languages	SQL	Information and definition schemas (SQL/Schemata)
ISO/IEC 9075	13	2016	Information technology	Database languages	SQL JRT	Routines and types using the Java™ programming language
ISO/IEC 9075	14	2016	Information technology	Database languages	SQL	XML-Related Specifications
ISO/IEC 9075	15	2019	Information technology	Database languages	SQL	Multi-dimensional arrays (SQL/MDA)
ISO/IEC 9579		2000	Information technology	Remote database access for SQL	SQL	with security enhancement
ISO/IEC 13249	1	2016	Information technology	Database languages	SQL	Multimedia and application packages (Framework)
ISO/IEC 13249	2	2003	Information technology	Database languages	SQL	Multimedia and application packages (Full-Text)
ISO/IEC 13249	3	2016	Information technology	Database languages	SQL	Multimedia and application packages (Spatial)
ISO/IEC 13249	5	2003	Information technology	Database languages	SQL	Multimedia and application packages (Still image)
ISO/IEC 13249	6	2006	Information technology	Database languages	SQL	Multimedia and application packages (Data mining)
ISO/IEC 19075	1	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	XQuery regular expressions
ISO/IEC 19075	2	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Time-related information
ISO/IEC 19075	3	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	SQL embedded in programs using the Java™ programming language
ISO/IEC 19075	4	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Routines and types using the Java™ programming language
ISO/IEC 19075	5	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Row pattern recognition
ISO/IEC 19075	6	2021	Information	Guidance for the use of	SQL	Support for JSON

Norma	Parte	Ano	Assunto	Aplicação	Ling.	Detalhes
			technology	database language		
ISO/IEC 19075	7	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Polymorphic table functions
ISO/IEC 19075	8	2021	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Multidimensional arrays
ISO/IEC TR 19075	9	2020	Information technology	Guidance for the use of database language	SQL	Online analytic processing (OLAP) capabilities
ISO/IEC TR 195831	10	2022	Information technology	Concepts and usage of metadata	SQL	11179-3 Data model in SQL
ISO/IEC TR 10182		2016	Information technology	Programming languages	SQL	Environments and system software interfaces

Normas internacionalizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre SQL não são disponíveis no Brasil e a ausência de normas vertidas à língua portuguesa dificulta o trabalho universitário. Como alternativa, as pesquisas são orientadas, conforme no presente estudo, a valores importados e extraídos de bancos de dados para o formato CSV. O presente estudo empregou dados reais, previamente obtidos pela Universidade Federal Fluminense e oriundos de empresa concessionária de serviços de energia elétrica. Os dados foram descaracterizados por classificação conforme a Tabela 2 - Dados de Interrupção de Serviços de Eletricidade, e Tabela 3 - Tabelas Auxiliares.

**Tabela 2 - Dados de Interrupção de Serviços de Eletricidade**

Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID	Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID
DATA_REF (numérico)	ID: Ano/dia da ocorrência	COD_MES (alfanumérico)	COD: Mês - Início da interrupção do serviço
NUM_DOCUMENTO (numérico)	Protocolo: Documentação	ANO (numérico)	Ano - Início da interrupção do serviço

Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID	Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID
NUM_ID_INTERRUPCAO (numérico)	ID: Ocorrência	HORA_INICIO (HORA:MIN:SEG)	Hora – Início da interrupção do serviço
NUM_ID_ITEM (numérico)	ID: Item	COD_DIA_SEMANA (alfanumérico)	COD: Dia da semana início da interrupção
COD_CONJUNTO (alfanumérico)	COD: Desenho do conjunto	COD_CLIMA (alfanumérico)	COD: Clima - Início da interrupção do serv.
COD_TIP_INSTAL (alfanumérico)	COD: Tipo de instalação	TEMP_MIN (numérico)	Temperatura mínima (°C) - Início da interrupção
COD_SIGLA (alfanumérico)	COD: Sigla do conjunto	TEMP_MAX (numérico)	Temperatura máxima (°C) - Início da interrupção
COD_HIERARQ (alfanumérico)	COD: Hierarquia do conjunto	PRESSAO (numérico)	Pressão (bar) - Início da interrupção
COD_MUNICIPIO (alfanumérico)	COD: Município da ocorrência	VENTOS (numérico)	Velocidade: ventos (km/h)
COD_T_D_OPER (alfanumérico)	COD: Tipo de dispositivo oper	DIR_VENTOS (numérico)	Ângulo: ventos (graus°)
COD_EQUIP (alfanumérico)	COD: Equipamento	DIR_VENTO_CARDINAL (alfanumérico)	Direção cardinal: ventos
DES_L_D_OPER (alfanumérico)	ID: “Label” dispositivo operacional	UMIDADE_RELAT (numérico)	Umidade relativa percentual (%)
COD_SUBEST (alfanumérico)	COD: Subestação	COD_AGLO_SUBNOR (numérico)	Código: aglomerado subnormal
COD_ALIMENT (alfanumérico)	COD: Alimentador	DOM_PART_OCUP_EM_AGLO_SUBNOR (numérico)	Domicílios particulares: aglomerado subnormal
COD_COMPL_ALIMENT (alfanumérico)	COD: Informação complementar alimentador	TOT_POP_RESIDENTE_DOMICILIO_PART (numérico)	População total residente em domicílio particular
QTD_CONS (numérico)	Consumidores afetados	TOT_POP_RESIDENTE_DOMICILIO_PART_HOMENS (numérico)	População total: domicílio particular - homens.
MIN_DURACAO (numérico)	Duração- Minutos da interrupção	TOT_POP_RESIDENTE_DOMICILIO_PART_MULHERES (numérico)	População total: domicílio particular - mulheres.
DAT_INICIO (DataStamp)	Data/hora - Início da interrupção	TOTAL_POP_COMUNIDADE (numérico)	População total: comunidade

Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID	Identificador/código (ID/COD)	Descrição, COD ou ID
DAT_TERMINO (DataStamp)	Data/hora - Fim da interrupção	POP_AGLO_COMUNIDADE (numérico)	População: aglomerado subnormal: comunidade
TAG_PROG_ACID (alfanumérico)	Tag Prog Acid	%POP_DOM_PART_COMUNIDADE (numérico)	% População: comunid. domicílio particular
NUM_IDT_GRUPO_CAUSAS (alfanumérico)	ID: Grupo de causas	POP_TOT_CIDADE (numérico)	População total: cidade
COD_CAUSA (alfanumérico)	COD: Causa da interrupção	POP_TOT_DOM_PART_CID (numérico)	População total: cidade domicílio particular
COD_SUB_CAUSA (alfanumérico)	COD: Subcausa da interrupção	POP_TOT_AGLO_CID (numérico)	População total: cidade aglomerado subnormal
COD_EXPURGO (alfanumérico)	COD: Expurgo	COD_FAIXA_POP (alfanumérico)	Código: Faixas de intervalo populacional
DIA (numérico)	Dia - Início da interrupção		

Os campos contidos na Tabela 2 - Dados de Interrupção de Serviços de Eletricidade foram classificados conforme as tabelas auxiliares

**Tabela 3 - Tabelas Auxiliares**

Tabelas Auxiliares			
a) Conjuntos		b) Tipos de Instalação	
COD_CONJUNTO (alfanumérico)	Descrição da ocorrência (alfanumérico)	COD_TIP_INSTAL (alfanumérico)	Descrição da instalação (alfanumérico)
D001	DESCRIÇÃO <sub>001</sub>	T1	AEREO
D002	DESCRIÇÃO <sub>002</sub>	T2	DESCONHECIDO
---	---	T3	AEREO_URBANO
D107	DESCRIÇÃO <sub>107</sub>	T4	AEREO_MT/MT
		T5	AEREO_AT/MT
		T6	SUBTERRANEO

Tabelas Auxiliares			
c) Siglas		d) Hierarquias (locais)	
<b>COD_SIGLA</b> (alfanumérico)	Descrição da sigla (alfanumérico)	<b>COD_HIERARQ</b> (alfanumérico)	Descrição da hierarquia (alfanumérico)
SGL01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>	H01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>
SGL02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>	H02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>
---	---	---	---
SGL10	DESCRIÇÃO <sub>10</sub>	H92	DESCRIÇÃO <sub>92</sub>
e) Município		f) Tipo do dispositivo operacional (TDO)	
<b>COD_MUNICIPIO</b> (alfanumérico)	Descrição do município (alfanumérico)	<b>COD_T_D_OPER</b> (alfanumérico)	Descrição do TDO (alfanumérico)
SGL01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>	H01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>
SGL02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>	H02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>
---	---	---	---
SGL10	DESCRIÇÃO <sub>10</sub>	H92	DESCRIÇÃO <sub>92</sub>
g) Equipamento		h) Label do dispositivo operacional	
<b>COD_EQUIP</b> (alfanumérico)	Descrição do equipamento (alfanumérico)	<b>COD_LD_OPER</b> (alfanumérico)	Descrição do LD_OPER (alfanumérico)
E01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>	DO000001	DESCRIÇÃO <sub>000001</sub>
E02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>	DO000002	DESCRIÇÃO <sub>000002</sub>
---	---	---	---
E35	DESCRIÇÃO <sub>35</sub>	DO153510	DESCRIÇÃO <sub>153510</sub>
I) Subestação		j) Alimentador	
<b>COD_SUBEST</b> (alfanumérico)	Descrição da subestação (alfanumérico)	<b>COD_ALIMENT</b> (alfanumérico)	Descrição do alimentador (alfanumérico)
S001	DESCRIÇÃO <sub>001</sub>	A0001	DESCRIÇÃO <sub>0001</sub>
S002	DESCRIÇÃO <sub>002</sub>	A0002	DESCRIÇÃO <sub>0002</sub>
---	---	---	---
S392	DESCRIÇÃO <sub>392</sub>	A4394	DESCRIÇÃO <sub>4394</sub>



Tabelas Auxiliares			
k) Causa		l) Subcausa	
COD_CAUSA (alfanumérico)	Descrição da causa (alfanumérico)	COD_SUB_CAUSA (alfanumérico)	Descrição da subcausa (alfanumérico)
C01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>	SCR001	DESCRIÇÃO <sub>001</sub>
C02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>	SCR002	DESCRIÇÃO <sub>002</sub>
---	---	---	---
C99	DESCRIÇÃO <sub>99</sub>	SCR106	DESCRIÇÃO <sub>106</sub>
m) Expurgo		n) Mês	
COD_EXPURGO (alfanumérico)	Descrição do expurgo (alfanumérico)	COD_MES (alfanumérico)	Descrição do mês (alfanumérico)
X1	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>	M01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>
X2	DESCRIÇÃO <sub>04</sub>	M02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>
X3	DESCRIÇÃO <sub>03</sub>	---	---
X4	DESCRIÇÃO <sub>04</sub>	M12	DESCRIÇÃO <sub>12</sub>
o) Dia da semana		p) Clima	
COD_DIA_SEMANA (alfanumérico)	Descrição dia da semana (alfanumérico)	COD_CLIMA (alfanumérico)	Descrição do clima (alfanumérico)
D1	DESCRIÇÃO <sub>1</sub>	CL01	DESCRIÇÃO <sub>01</sub>
D2	DESCRIÇÃO <sub>2</sub>	CL02	DESCRIÇÃO <sub>02</sub>
---	---	---	---
D7	DESCRIÇÃO <sub>7</sub>	CL51	DESCRIÇÃO <sub>51</sub>

Tabelas Auxiliares			
q) Aglomerados subnormais (AG)		r) Faixas de intervalos populacionais	
COD_AGLO_SUB NOR (alfanumérico)	Descrição do AG (alfanumérico)	COD_FAIXA_POP (alfanumérico)	Intervalos populacionais (alfanumérico)
AS0001	DESCRIÇÃO <sub>1</sub>	P01	População > 30.000
AS0002	DESCRIÇÃO <sub>2</sub>	P02	30,000 >= População >20,000
---	---	P03	20,000 >= População >10,000
AS1339	DESCRIÇÃO <sub>1339</sub>	P04	10,000 >= População > 5,000
		P05	5,000 >= População > 4,000
		P06	4,000 >= População > 3,000
		P07	3,000 >= População > 2,000
		P08	2,000 >= População > 1,000
		P09	1,000 >= População > 0
		P10	INDETERMINADA

É necessário estabelecer uma clara distinção entre o que são dados e o que é informação, visto serem usados de modo intercambiado e muitas vezes errado. Devido à ampla aplicação por gestores, engenheiros e pesquisadores, a compreensão dessas estruturas da tecnologia da informação se tornou necessária e constitui modernamente um conhecimento básico essencial. A ausência da disciplina reflete-se em problemas com a conservação de dados em diversas linhas de pesquisa, onde estruturas incorretas podem tornar o conteúdo de informações salvas em computadores inúteis fins de pesquisa. Nesses casos, a “limpeza” desse conteúdo, a classificação e conversão da informação para o formato de dados torna-se onerosa aos estudantes e profissionais de Tecnologia da Informação, dificultando até mesmo simples operações de filtragem de resultados. O custo pode ser incrementado quando se utiliza empresas de consultorias, que também podem fracassar caso inicialmente não existam requisitos e especificações corretas para orientação o trabalho.

**Dados e informação:** enquanto o dado contém elementos básicos dos sistemas de armazenamento, a informação promove significado aos elementos individuais (dados) existentes. “Computadores utilizam linguagens de programação, scripts, fórmulas, ou aplicações de software para transformar dados em informação” [24]. “Dado é a informação crua, não analisada, não organizada, não relacionada, em material sem interrupções que é

usado depois para gerar informação” [25][26]. “Essencialmente dados são fatos não trabalhados, observações, estatísticas, caracteres, símbolos, imagens, números, e mais elementos que podem ser colecionados e podem ser usados para análise; sozinhos não são muito informativos e relativamente sem sentido, mas ganham propósito e direção após serem interpretados para gerar significado” [27][28] Dado significa “informação distinta organizada num formato particular”, tem origem no singular do Latim “Datum” que significa “alguma coisa dada” [25][28]. A Tabela 20 - Dados não trabalhados, em formato CSV, do Anexo A, representa a estrutura não elaborada dos dados divulgados pelo Plano de Dados Abertos (PDA), no âmbito do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) [29]. “Informação é o dado preparado, que foi processado, agregado e organizado num formato de uso mais fácil e com a geração de contexto” sendo, em geral, derivada na forma de visualização, relatórios simples ou relatórios gráficos [26] [27] (e.g. página na internet) com dados variáveis. A Tabela 21 - Dados da Tabela 20 organizados em informação para o Programa Brasileiro de Etiquetagem é disponibilizada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) para comparação da eficiência energética entre fornos e fogões à gás [30]. As diferenças entre dado e informação podem ser apresentadas na seguinte comparação: “Se dados fossem o átomo, a informação seria a matéria. Informação é um conjunto de dados que já foram processados, analisados e estruturados em uma forma compreensiva para se tornarem úteis. Uma vez que o dado é processado e ganhou relevância, ele se torna informação, totalmente confiável, exata e útil [27].”

### **1.3.2 Incertezas**

William Thomson, o “Baron Kelvin”, matemático, físico e engenheiro, (1824-1907) construiu modelos para comprovar seus experimentos, atribuindo neles grande importância ao fortalecimento de seus trabalhos [31]. Duas de suas citações revelam as bases da simulação moderna:

- “Nunca estou contente até que tenha construído um modelo mecânico do objeto que estou pesquisando; caso tenha sucesso na construção do modelo, serei capaz de entender; mas caso contrário, não” [32].

- “Frequentemente digo que quando se consegue medir o que se está falando, e o resultado é expresso em números, entende-se alguma coisa sobre o assunto; entretanto, quando

não se consegue medir, e não se pode expressar em números, o conhecimento é fraco e insatisfatório” [32].

Modelos para simulação provam mecanismos que permitem o entendimento e estabelecimento de limites de confiança aos resultados de um dado problema. O cálculo das incertezas do resultado é necessário ao conhecimento dos limites da validade dos resultados obtidos [33], que deve ser verificada. Couto [34] apresenta as seguintes recomendações do Lord Kelvin à análise de incertezas que devem, sempre que possível, ser usadas na avaliação de resultados:

- a) Análise do contexto
- b) Padronização do vocabulário do texto e símbolos utilizados para os cálculos - recomenda-se as normas (VIM [35] e ISO GUM [36])
- c) Estabelecimento da base, teoria e princípios para:
  - Medição de dados;
  - Avaliação da acurácia dos dados coletados (baseada nos conceitos de parametrização estatística e matemática);
  - Identificação do dimensional das variáveis usadas nos cálculos; e
  - Avaliação das incertezas com a validação de cada cálculo.
- d) Avaliação do uso de certificados de calibração apropriados.
- e) Avaliação da conformidade dos resultados com os requisitos do processo.

O balanço das incertezas deve ser focado em dois objetivos principais:

- A acurácia da medição das variáveis processadas compatível com suas tolerâncias ou especificação – definidas no Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) [35].
- Identificação da ordem de prioridade das variáveis que devem melhorar a acurácia pela modificação de suas especificações e limites de tolerância.

### **1.3.3 Rastreabilidade Metrológica**

A rastreabilidade metrológica é definida na versão em português, da ABNT, do VIM, como “propriedade do resultado da medida no qual o resultado pode ser relacionado à referência por meio de uma cadeia de calibrações, cada uma contribuindo para a determinação da incerteza da medição” (fonte: Medição 2.41, ABNT ISO/IEC GUM 99: 2004 1ª ed. [36]). Portanto, medições e resultados de medições são o “conjunto de valores quantificados sendo atribuídos a um mensurando junto com qualquer outra informação relevante disponível”

(fonte: Medição 2.9, ABNT ISO/IEC GUM 99: 2004 1ª ed. [36]), que deve ser expressa como um único valor medido somado à incerteza do valor; a referência é a condição operacional ou de referência que se destina à avaliação do desempenho da medida (ou sistema de medida), que serve à comparação dos resultados, referenciada como a condição na qual a incerteza instrumental especificada é a menor possível (fonte: Propriedade dos dispositivos de medição, 4.11, ABNT ISO/IEC GUM 99: 2004 1ª ed., [36]); e a calibração é a operação em condições específicas que estabelece a relação entre os valores quantificados e suas incertezas, em conformidade com normas para determinação das incertezas associadas; e, em um segundo passo, a informação estabelece a relação para obtenção do resultado medido a partir de uma indicação (fonte: Medição, 2.29, ABNT ISO/IEC GUM 99: 2004 1ª ed., [36]). O simulador funciona de modo que é possível a repetição dos cálculos e obtenção do mesmo resultado a qualquer momento, garantindo a rastreabilidade do processo as mesmas fórmulas sem desvios, não introduzindo a cada execução novas incertezas de medição.

### 1.3.4 Qualidade de Energia

Qualidade abrange conceitos introduzidos por Deming [37] às indústrias japonesas, que evoluiu em sistemas mais modernos de “Qualidade total” [38][39] e Seis Sigma. Sua integração como ciência [40] pode ajudar nos processos de análise crítica e melhoria contínua das universidades. Sua aplicação na indústria e serviços chegou aos sistemas de energia elétrica, que demandam estabilidade [40], que necessita de medições, monitoramento, controle e gerenciamento [41] [42] para esse fim. Exigida nos sistemas de potência por geração eólica [42], sistemas híbridos diesel [42] e fotovoltaicos [43], aprimora da geração à distribuição de energia elétrica [44][45][46], ao aperfeiçoamento de instrumentação eletrônica adequada à avaliação dos sistemas de energia [47]. O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos IEEE apresenta qualidade de energia conceitualmente conectada à distribuição de energia e ao “aterramento de equipamentos eletrônicos sensíveis, de forma adequada a esses equipamentos” [40] na norma IEEE 1100 *Recommended Practice For Powering & Grounding Electronic Equipment* [48], que abrange uma categoria sem limites e inclui a maioria dos dispositivos e aparelhos elétricos (como motores, transformadores, geradores, computadores, impressoras, equipamentos de comunicação, ou eletrodomésticos), que podem falhar ou funcionar mal quando expostos a um ou mais eventos de qualidade de energia [40]. A qualidade de energia não é definida no PRODIST, atualmente na Revisão 13, Resolução Normativa nº 956/2021, sendo apresentada como um conjunto de parâmetros elétricos com limites estabelecidos a serem cumpridos [5]. Outras definições se aplicam, relacionando a qualidade de energia ao “funcionamento correto, conforme projeto, sem perda significativa de desempenho ou expectativa de vida” [40]. A importância ao meio ambiente [40] e aperfeiçoamento tecnológico impõe melhores práticas e aumento de eficiência que influenciam os cursos de engenharia; e a qualidade, melhor gerenciada por automação, inclui as ferramentas de programação e bancos de dados de apoio, permitindo avaliar a qualidade estabelecida e a geração de indicadores comparativos entre o esperado e o real entregue. O Módulo 8, Qualidade da Energia Elétrica do PRODIST, Revisão 13, Resolução ANEEL nº 956/2021 regulamenta e orienta os serviços das concessionárias de serviços de eletricidade para o cumprimento dos contratos de serviços sobre questões relacionadas diretamente à qualidade da energia. Os parâmetros e atributos exigidos ao sistema nacional de distribuição de energia elétrica e penalidades às violações indesejáveis abrangem requisitos sobre a amplitude da tensão de alimentação; o fator de potência; a distorção harmônica; o desbalanceamento da tensão; flicker; os afundamentos de

tensão (sags); e as interrupções momentâneas [5], abrangidas no estudo. O simulador trabalha com informações registradas pela concessionária de serviços de distribuição de energia elétrica sobre problemas gerados por eventos de qualidade na rede elétrica que afetaram unidades consumidoras de energia produzindo interrupções do serviço, sendo registradas as informações das causas, localidade, número de unidades afetadas, horário da ocorrência, horário da solução, dia da ocorrência, subestações afetadas, etc., nos períodos observados de 2017, 2016 e 2014.

### 1.3.5 Gerenciamento da Qualidade (GQ)

Para o gerenciamento da qualidade são utilizadas as seguintes principais normas técnicas: ISO 9000 - Fundamentos e terminologia para gerenciamento da qualidade [21]; ISO 9001, Requisitos dos sistemas de GQ [49]; ISO 9004, Orientações sobre eficácia e eficiência do GQ [50]; ISO 19011, Orientação sobre auditorias e sistemas da qualidade [51] e ABNT NBR ISO 14004, Sistemas de gestão ambiental-Diretrizes gerais para a implementação [52]. A gestão da qualidade (GQ) é aplicada a todas as atividades industriais e serviços e a necessidades de projeto de engenharia, que se beneficiam com os seguintes princípios: foco nos resultados e aplicação; formação de liderança da indústria, pela inovação, resultados, criação e manutenção de ambiente que promovam os objetivos da instituição; envolvimento e integração, aplicável a todos os profissionais para o melhor aproveitamento de habilidades em benefício à instituição de ensino; orientação por processo, para facilitar resultados; aproximação sistemática para maior efetividade e eficiência de resultados; melhoria contínua, ao aperfeiçoamento do desempenho e dos resultados; tomadas de decisões baseadas em fatos; e benefício mútuo à relação entre fornecedores e clientes. A definição de qualidade apresentada no item 1.3 Estrutura do Estudo baseia-se na norma ISO 9000: 2005 3ª ed. [53] onde:

- **Qualidade** é “o grau para o qual um conjunto de características distintas atende a requisitos” (fonte: Termos e definições, 3.1.1, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]);

- **Características** são “os atributos distintos, herdados ou atribuídos, qualitativos ou quantitativos, classificados como: físicos (e.g. características mecânicas, elétricas, químicas ou biológicas); sensoriais (e.g. relacionada a olfato, toque, sabor, visão, audição); comportamentais (e.g. cortesia, honestidade); temporais (e.g. pontualidade, confiabilidade); ergonômicos (e.g. característica fisiológica ou relacionada à segurança); e funcionais (e.g. parâmetros de projeto)” (fonte: Termos e definições, 3.5.1, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]);

- **Requisitos** são “as necessidades ou expectativas declaradas, implícitas ou obrigatórias e costumeiras para a organização, seus clientes, e outras partes interessadas, que podem ser geradas por diferentes partes interessadas, representando o conteúdo desejado para o qual nenhum desvio seja permitido, portanto qualificadores que podem ser usados para avaliação de condições específicas” (fonte: Termos e definições, 3.1.2, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]);

- **Clientes** são “as pessoas ou organizações que recebem o resultado” (fonte: Termos e definições, 3.3.5, 9000: 2005 3ª ed. [53]);

- **Organizações** são “os grupos de pessoas com um conjunto de responsabilidades, autoridade e relacionamentos” (fonte: Termos e definições, 3.3.1, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]); e

- **Partes interessadas** são “todas as pessoas ou grupos com interesse no desempenho ou sucesso da atividade” e “Grupos” são representados por organizações, parte delas, ou diversas organizações (fonte: Termos e definições, 3.3.7, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]).

Os sistemas de gerenciamento da qualidade (GQ) se relacionam com a excelência por princípios comuns, que permitem identificar forças e fraquezas; avaliar resultados; oferecer bases para o aperfeiçoamento contínuo e reconhecimento externo (fonte: Termos e definições, 2.12, ISO 9000: 2005 3ª ed. [53]). Conforme os avanços existentes nos sistemas de energia elétricos, com a adoção de princípios de qualidade, os mesmos podem ser espelhados e traduzidos também nas atividades universitárias e projetos acadêmicos. Sob o ponto de vista das normas de gestão de qualidade, as concessionárias precisaram realizar medição e registrar ocorrências de seus clientes, as unidades consumidoras. O objetivo do trabalho, fundamentalmente, irá melhorar a qualidade da energia elétrica, mas todo o mecanismo de coleta, monitoração e controle depende de um sistema de gestão da qualidade instituído pela concessionária de serviços de energia elétrica para o atendimento às exigências do PRODIST. A análise dos dados demonstra que os índices de 2017 foram mais uniformes para alguns atributos em 2017 que em 2016 ou 2014, fato que deveria ser verificado para confirmação, com dados dos anos subsequentes.

### 1.3.6 Segurança

A Segurança é a mais antiga preocupação da engenharia [54]. Roma ainda possui pontes do Império Romano, em uso desde 62 AC. Engenharia e indústrias elaboram normas que estabelecem condições mínimas aceitáveis à segurança. A Comissão Internacional



Eletrotécnica (IEC) trata de riscos comuns, conhecidos e relacionados ao uso da eletricidade e estabelece critérios e tolerâncias para mitigar ou reduzir a valores seguros os seguintes perigos:

- Elétricos, de choques elétricos [55], sobrecargas, falhas elétricas de motores e de dispositivos de ação eletromecânicos; fios com resistência ou isolamento inadequados; etc.

- Mecânicos, das partes cortantes; das falhas de motores e de outros dispositivos com movimento, de invólucros expondo partes perigosas; superfícies cortantes; fragmentos que se comportem como estilhaços; isolação de superfícies quentes e circuitos aquecidos; proteção contra a penetração de água ou poeira [56]; ergonomia; etc.

- Térmicos, da queima por superfícies quentes, falhas de motores; instabilidade térmica ou disparo térmico [57][58], dissipação térmica pobre [58][59]; etc.

- Fogo, dos materiais inflamáveis com baixa resistência ao fogo; calor ou ignição [59], por sobrecargas elétricas ou térmicas; baixo ponto de queima (flash); baterias e falta de barreira de proteção para proteção contra chamas; falhas de motores; etc.

- Situações anormais de uso, que podem ser esperadas; ergonomia ruim; ausência de soluções de contorno para o mau uso; falta de sinalizações e alertas [60]; etc.

- Fenômenos Eletromagnéticos (EMC) e radiação [61] por condutividade ou irradiação, capaz de interferir ou de ser interferido por outros dispositivos; interferências por descargas eletrostáticas (ESD) [62] ou surtos de tensão conduzidos; etc.

- Outros perigos de segurança, como erro de software, no cálculo de margens de segurança fora das margens mínimas recomendadas por normas ou regulamentos; aproximação inadequada à determinação de incertezas [33]; erros no arredondamento dos valores; e entrada incorreta de dados.

A segurança continua sendo o mais importante aspecto da engenharia; e o conhecimento das normas de referência é uma excelente ferramenta para a mitigação de problemas no resultado, devendo ser observada nos modelos de simulação ou projetos de engenharia que devem, sempre e quando aplicável, identificar aspectos de segurança intrinsecamente ligados aos resultados técnicos que sejam gerados no relatório final.

### **1.3.7 Código aberto - *Free and Open Source (FOSS)***

Muitos projetos dependem de códigos abertos (FOSS), que podem gerar custos à pesquisa [63], uma vez que muitos, na maturidade [64], são fechados ao domínio público e integrados a outros produtos; encerram por falta de financiamento; são vendidos para

indústrias; ou na licença estabelecem direitos sobre a propriedade intelectual desenvolvida com seu uso. Grandes conquistas em pesquisa e desenvolvimento (Linux, a Internet, MYSQL, etc.) foram realizadas por FOSS. Entretanto, a maioria das licenças para o uso de software afirma intrinsecamente a alternativa da venda a grandes corporações e carregam, assim, os esforços dos desenvolvedores, em comunidade, do projeto. Bancos de dados, não compartilhados na Internet e licenças internas, para cessão de uso e acesso exclusivo a professores e alunos, com o uso de acordos de confidencialidade (NDA, 1.3.9) apresentam vantagens na fase inicial de um projeto até que sua apresentação ao público externo, com exemplo a Internet ou no projeto WEKA© da Universidade de Walkato, Nova Zelândia, sobre aprendizado de máquina, com licença geral definida pela Fundação para Software Abertos (*Free Software Foundation*) [14]. A criação de FOSS universitários internos, para pesquisa em comunidade, manteria diversos conteúdos controlados aos projetos, como normas, regulamentações, dados de empresas e de propriedade intelectual, ou mesmo de patentes [64] sob melhor controle, menor risco e maior segurança e controle ético, sendo reduzido intencionalmente o número de contribuições somente à universidade [65] até a etapa de apresentação segura, na internet, do produto desenvolvido, para sua ampliação fora do domínio da universidade.

### 1.3.8 Risco

A previsão computacional para a manutenção de redes elétricas de energia corre o risco do insucesso, caso não sejam observadas as incertezas que influenciem os resultados. “A análise e gerenciamento de risco de um projeto são a prática mais importante para garantir que um número mínimo de surpresas ocorra enquanto o seu projeto e pesquisa está em desenvolvimento. Se por um lado não é possível prever o futuro com certeza, é possível aplicar um processo simples e direto de análise de risco que prediga incertezas do projeto e minimizem a ocorrência ou impacto dessas incertezas. Isso melhora a chance da finalização do projeto e reduz as consequências dos riscos” [66]. Conclui-se que análise de risco deve fazer parte das discussões [67], ajuda a reconhecer “através de fatores externos que tenham papel na determinação da conclusão do projeto, do seu sucesso ou insucesso” [68]. Risco é definido como “combinação da probabilidade da ocorrência de danos e a severidade desse dano” [69], e normas apresentam plano para o gerenciamento (e.g. normas de dispositivos médicos [70]), sendo avaliado para cada situação perigosa. Quando não é possível a estimativa, pautam-se as possíveis consequências, e a categorização qualitativa ou quantitativa da probabilidade da

ocorrência e severidade devem ser registradas para rastreabilidade. A estimativa determina as situações perigosas e danos que possam ser causados por falhas. A probabilidade da ocorrência do dano, cujas probabilidades de ocorrência ou severidade não possam ser estimadas, deve ser registrada, considerando que a segurança é demonstrada pela ausência de riscos inaceitáveis.



Figura 1 - Triângulo de gerenciamento de projetos

Projetos relacionam-se ao escopo, qualidade, segurança, tempo de execução, recursos, custo e ao risco e os requisitos do projeto são desconhecidos até que uma clara definição do risco e demais elementos seja estabelecida. A

Figura 1 - Triângulo de gerenciamento de projetos baseia-se no modelo implantado por Barnes [71] e pode ser usado em qualquer projeto de engenharia; e a análise passo-a-passo preenche as necessidades do engenheiro ou pesquisador sobre o tema.

Uma simulação pode conter erros sistemáticos que impactem as estimativas de resultado, ou criem desvios dos valores reais que tornem o modelo inútil. Observando as melhores práticas, regras, normas e regulamentos existentes, avanços tecnológicos podem ser estabelecidos; e novas regras, normas e regulamentos criados. Tais considerações na fase inicial do projeto reduzem custos e perdas de tempo que podem determinar seu fim prematuro.

### 1.3.9 Confidencialidade

O armazenamento digital seguro permite estabelecimento de confidencialidade da informação entre indústria, universidades e alunos (*Non-Disclosure Agreement* - NDA [72] [73][74]) e pode ser baseado na legislação sobre direitos autorais. O NDA fortalece a relação universidade-empresas-alunos, porque estabelece clareza do “proprietário” de dados e outras informações relevantes que possam ser confidenciais e oferecidas por empresas, ou obtidos na Internet, com direitos autorais restritos. NDA sobre dados confiados à universidade orientam sobre o uso e propriedade intelectual de terceiros; definem o que é público e o que é confidencial; e garantem que não possam ser usados ou empregados por empresas concorrentes. Entretanto, “as exigências sobre segurança nascem da necessidade da garantia à proteção de segredos comerciais, que somente estarão protegidos caso o responsável assuma medidas de proteção e mantenha o segredo” [74]. Os benefícios do estreitamento no relacionamento indústria-universidade podem ser observados nos laboratórios universitários

acreditados, que realizam ensaios para as indústrias; e que com sua existência, desenvolvem atividades acadêmicas de grande valor às universidades.

### **1.3.10 Tecnologia da informação**

Ferramentas e dados adquiridos organizados para a pesquisas podem ter maior valor e se forem mais rápidos, de fácil aprendizado e manutenção, e seu uso depende da tecnologia da informação (TI). Sugere-se que a dependência de TI seja restrita às atividades próprias da TI, ou seja, à manutenção da integridade e segurança da infraestrutura de informática, e não da busca de soluções de problemas de ciência, tecnologia e engenharia. A linguagem particular e conhecimentos específicos de cada área da ciência ultrapassam, em geral, o conhecimento da formação em TI, tornando difícil a solução de problemas que geralmente requerem interpretações e habilidades cognitivas adicionais [75] sem conflitos, com regras básicas aplicáveis aos mais diversos temas.

### **1.3.11 Programação e ferramentas de software**

A cada dia aumenta a necessidade do aluno de conhecer as ferramentas de software disponíveis, o que exige capacitação para uso e tempo. Essenciais ao ensino e à pesquisa, o fortalecimento do conhecimento e das habilidades para programação são de grande importância aos profissionais do futuro [76]. Não é obrigatório ao pesquisador o conhecimento profundo do cientista de computação [77], ou o conhecimento profundo de linguagens complexas como o Assembly [78][79]. Pode-se afirmar que o mundo se torna multidisciplinar [18][19][20] e exige uma combinação de expertises, a computação está entre elas. Programar consultas para obtenção de respostas corretas na Internet, o aprendizado de máquina das redes neurais [80], os algoritmos genéticos [81], a lógica nebulosa [6] são essenciais às mais diversas formações acadêmicas, sendo necessário compreender as diferenças entre dado, informação, bancos de dados e outros conceitos primitivos aplicados a SQL [22][23].

### 1.3.12 Linguagens Computacionais

A linguagem Python, de fácil utilização pela ausência de declarações e outras restrições das linguagens C, C++, e Visual C, permite a criação de aplicações seguras por não permitir, pelo programador, danos acidentais ao sistema operacional (OS).

Compilada e programada em C, C++, VB ou Visual Studio, executa scripts em estrutura própria. Entretanto, a impossibilidade de acesso a portas de comunicação do hardware, comandos da BIOS e outros elementos, somente disponíveis em outras linguagens, em soluções não compiláveis em programas executáveis, criam a dependência da instalação de outros programas (e.g. Java, JRE, JIT, Pear, Visual Studio, etc.). A Tabela 4 - Comparação entre Assembler, C, C++, VB e Visual Studio, VBA e Python foi construída a partir da estrutura e dados da “Tabela de diferenças entre Python versus C++”, do artigo de Vijay Shinde, *Python vs C++: Top 16 Differences Between C++ And Python* [82], onde foram incluídas informações das linguagens Assembly, C, VB e Visual Studio e VBA, apresenta as principais características de desempenho de algumas linguagens computacionais [83] utilizadas em programação.

**Tabela 4 - Comparação entre Assembler, C, C++, VB e Visual Studio, VBA e Python**

Parâmetro comparado	Assembler	C	C++	VB NET e Visual Studio	VBA	Python
Compilação	Compilado	Compilado	Compilado	Interpretado linguagem de script e compilado	Interpretado linguagem de script	Interpretado linguagem de script
Utilização	Código mais difícil de aprender e usar	Código difícil de escrever	Código difícil de escrever	Código fácil de escrever	Código fácil de escrever	Código mais fácil de escrever
Natureza da linguagem	Escrita estática	Escrita estática	Escrita estática	Escrita estática pode gerenciar scripts	Escrita estática pode gerenciar scripts	Escrita dinâmica
Portabilidade	Específica ao Hardware	Tem portabilidade para hardware	Não tem portabilidade	Não tem portabilidade	Não tem portabilidade	Tem portabilidade
Tratamento de erros de programação	Não suporta tratamento de erros	Permite o tratamento de erros.	Permite o tratamento de erros	Permite o tratamento de erros	Permite o tratamento de erros	Suporta acúmulo de erros
Instalação	Sem GUI de difícil instalação	Sem GUI de difícil instalação	Fácil instalação	Fácil instalação	Fácil instalação	Difícil instalação
Tipo	Comandos verificados na compilação	Dados ligados a nomes verificados na compilação.	Dados ligados a nomes verificados na compilação.	Dados ligados a nomes verificados na execução.	Dados ligados a nomes verificados na execução.	Dados ligados a nomes verificados na execução.
Escopo das variáveis	Limitado dentro de loops ou blocos.	Limitado dentro de loops ou blocos.	Limitado dentro de loops ou blocos.	Limitado dentro de loops ou blocos.	Limitado dentro de loops ou blocos.	Acessível fora de loops ou blocos.
Criação de protótipos	Não é possível	Possível (Debug)	Possível (Debug)	Possível	Possível	Possível
Funções	Restringe tipo de parâmetro ou valores de retorno	Restringe tipo de parâmetro ou valores de retorno	Restringe tipo de parâmetro ou valores de retorno	Restringe ou não tipo de parâmetro ou valores de retorno	Restringe ou não tipo de parâmetro ou valores de retorno	Não restringe tipo de parâmetro ou valores de retorno
Eficiência	Muito difícil de manter	Difícil de manter.	Difícil de manter.	Mais fácil de manter	Mais fácil de manter	Mais fácil de manter
Sintaxe (complexidade)	Códigos mnemônicos para CPU e periféricos em linguagem de máquina	Blocos e ponto e vírgulas	Blocos e ponto e vírgulas.	Fácil entrada dinâmica, correção de erros de sintaxe, referências, sem ponto e vírgulas.	Fácil entrada dinâmica, correção de erros de sintaxe, referências, sem ponto e vírgulas.	Sem blocos ou ponto e vírgulas.
Execução (velocidade)	É a linguagem mais rápida	Mais rápido que C++	Mais rápido	Mais rápido	Mais rápido	Lento
Desempenho	O melhor desempenho	Alto desempenho	Alto desempenho alto	Alto desempenho	Alto desempenho	Baixo desempenho
Popularidade	Menos popular para aplicações dedicadas	Mais popular para aplicações dedicadas	Mais popular para aplicações dedicadas ou corporativas	Mais popular para aplicações de dedicadas ou corporativas	Mais popular para aplicações de dedicadas ou corporativas	Mais popular para aprendizado de máquina
Simplicidade e usabilidade	Para programas em linguagem de máquina e sem restrições de acesso ao hardware.	Difícil de aprender, usada em aplicações de baixo nível.	Difícil de aprender, usada em aplicações de baixo nível.	Difícil de aprender, usada em aplicações de baixo ou elevado nível.	Difícil de aprender, usada em aplicações de baixo ou elevado nível.	Simples de usar para aprendizado de máquina ou aplicações na Internet

### **1.3.13 Regulamentação**

Entre os conflitos de um projeto com outros projetos, com patentes, temos a conformidade com normas para segurança e, combinando esses elementos com incertezas, é possível encerrar um projeto antes do início. Sem o conhecimento de normas, regulamentos nacionais e em alguns casos das barreiras internacionais ao comércio se arriscam o comprometimento do projeto ou do estudo. Consultas prévias aos regulamentos e normas podem corrigir o rumo de um projeto ao sucesso, uma vez que sem as normas, não é possível afirmar se o projeto atende as tolerâncias exigidas; e erros de cálculo não verificados podem colocar o resultado fora da possibilidade de utilização. A complexidade da regulamentação [84][85][86] sobre a engenharia e a economia se aplica a todas as áreas de atividades. No estudo presente, observamos regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ponto central para a redução das penalidades às concessionárias. Entretanto, a questão não é isolada, porque a questão tornou-se essencial a todos os seus campos de ação da engenharia, considerando que a regulamentação técnica nacional por Agência reguladora ou demais autarquias exige estudos técnicos de análise de impacto regulatório (AIR), validados em consultas públicas nacionais. A crítica técnica aos regulamentos e programas depende do manifesto das diversas áreas de engenharia, tornando-se assim um desafio aos pesquisadores diante da busca de soluções para problemas comuns que podem afetar o custo dos produtos ou até mesmo a segurança da população.

### **1.3.14 Simulação**

O estudo não seria inédito, inicialmente propondo a utilização do método de Monte Carlo[4] para simulação e projeção de valores futuros sobre a distribuição de 262.648 registros por 76 atributos (colunas) por registro das 19.961.248 de células distintas de 2017; dos 269.755 registros por 76 atributos com 20.501.380 células de 2016; e dos 230.068 registros por 76 atributos com 17.485.168 células em 2014. Os dados extraídos do banco de dados de empresa concessionária de energia continham informações referentes aos registros de ocorrências, sendo eles: o número do protocolo; a data e hora do início e data e hora do fim da interrupção; o local, número de consumidores afetados; o tempo total da ocorrência; a identificação e

detalhamento do equipamento defeituoso; a falha; a causa da interrupção e subgrupo. A partir do conhecimento do horário das falhas, foram agregados os dados extraídos do *timeanddate.com* [87], incluindo as condições climáticas registradas no momento da comunicação da interrupção, divididas em intervalos de seis (6) em seis (6) horas, contando de: de 00:00 às 6:00, de 6:00 às 12:00, de 12:00 às 18:00 e de 18:00 às 00:00; e, por meio do reconhecimento do local da falha e cruzamento de dados do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) [88], foram acrescentadas informações sobre as populações na região.

Sobre o ponto de vista da qualidade, foi utilizada a programação em Excel® *Visual Basic for Applications* (VBA) [17], que exigiu um número grande de execuções, reiteraões e correções de forma a tornar comparáveis os dados de 2017, 2016 e 2014, observando-se que o aplicativo não é “amigável” ao formato CSV MSDOS®, com separadores ponto e vírgula entre as colunas (;). Foi necessário empregar a substituição do formato de arquivo CSV com separação por vírgulas (,) que poderia produzir erros devido à padronização nacional (Brasil) da “vírgula” decimal. Os achados estatísticos são apresentados no capítulo seguinte, que permitem a construção do modelo de simulação.

## Capítulo 2 - Conceituação Teórica

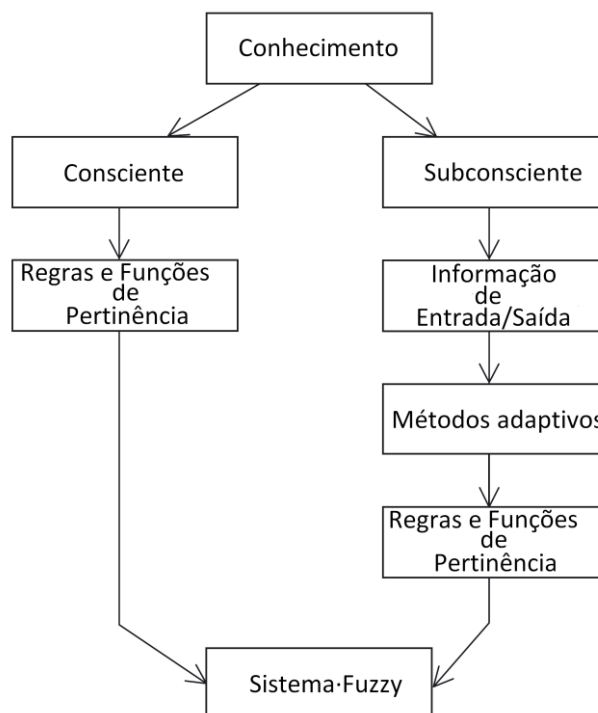
A análise do tema foi feita sem a disponibilização de custos de mão-de-obra e materiais para manutenção; e sem os valores de orçamento anuais disponíveis à manutenção, fixando-se no estabelecimento de resultados que facilitem a logística da empresa, como o planejamento de compras de insumos mais utilizados, as identificações dos locais onde repetidas intervenções são mais frequentes, das causas mais frequentes para falhas, da tipificação das redes mais sujeitas a interrupções, dos meses e dias de semanas críticos e mesmo das condições climáticas que mais produzem problemas às redes de distribuição elétrica, informações com indicação de incerteza e avaliadas de modo quantitativo. A aproximação dos valores projetados pelo método computacional proposto com valores futuros deve ser monitorada em períodos subsequentes. Os dados utilizados nesta pesquisa, obtidos de concessionárias de energia elétrica, são reais e foram extraídos de tabelas de um sistema SQL[22][23] e convertidos ao formato CSV para a criação do conjunto de dados ou *dataset* utilizado. O estudo propôs, inicialmente, a simulação por Monte Carlo[4], método que exige conhecimento das relações dos limites e distribuição estatística do conjunto amostral disponível para os anos de 2017, 2016 e 2014 com 762.471 registros em 57.947.796 células. Para esse fim, por meio do levantamento estatístico do



comportamento dos diversos atributos do *dataset* (médias, médias relativas, desvios padrões, medianas, modas, covariância, correlações, regressões, z-score, p-value, etc.), chamado neste estudo de “*base de conhecimento da das propriedades das distribuições*”, realizariam-se as simulações utilizando-se de números aleatórios lançados sobre a entrada da base de conhecimento. Deste sorteio, são selecionados resultados que atendam aos mesmos critérios e parâmetros das distribuições estatísticas previamente conhecidas e analisadas, nesse caso, com propriedades estatísticas aproximadas ou idênticas aos conjuntos de dados (*dataset*) originais, oriundos de eventos registrados anteriormente. A relação entre o resultado do processo com as “chances” de um sorteio são o motivo do método utilizar o nome da cidade-cassino [4].

## 2.1 Reorientação do estudo à metodologia Nebulosa

A aplicação do método de Monte Carlo [4] exige o conhecimento estatístico do conjunto e o primeiro passo consistiu na classificação dos dados de entrada, na totalização dos itens classificados e do estabelecimento de médias e médias relativas. Neste ponto, observa-se que o conjunto de dados resultantes atendeu aos critérios estabelecidos para *dataset* nebuloso (*fuzzy*) [6], realizado de forma inconsciente e não intencional para o uso do método. Timothy J. Ross declara “que a percepção humana dos sistemas nebulosos baseia-se na experiência, expertise, observação empírica, intuição, conhecimento da física do sistema ou do conjunto subjetivo de preferências e objetivos”. Desta forma, o observador geralmente coloca o conhecimento na forma de um conjunto incondicional baseado em proposições condicionadas a uma linguagem natural, considerando que a compreensão de sistemas complexos é qualitativa e as declarações se baseiam em termos linguísticos vagos, construindo e dando forma ao que se conhece como sistema físico nebuloso. O conhecimento das regras e funções de pertinência (MF) pode derivar do conjunto de dados de entrada e saída e terá a mesma utilidade independente se derivado da compreensão ou observação humana, ou no caso de ser desenvolvido de modo automático. A formulação pode ser consciente, quando as regras e MF são derivadas intuitivamente ou subconsciente, quando se dispõe somente de dados de entrada e saída ou informação e são utilizados métodos automáticos para derivar as regras e MF. O resultado desses processos de construção do sistema nebuloso é apresentado na Figura 2 - Caminhos do conhecimento para elaboração de sistemas nebulosos [6][89].



**Figura 2 - Caminhos do conhecimento para elaboração de sistemas nebulosos [6]**

Durante o desenvolvimento desse trabalho não havia sido reconhecido conscientemente o desvio de metodologia, e empiricamente considerou-se: que o impacto das interrupções elétricas é diretamente proporcional à duração, ao número de pessoas afetadas e à frequência da ocorrência dessas interrupções; que a frequência das interrupções corresponde ao inverso do período; e que, conseqüente ao tamanho da amostra, haveria um comportamento estatístico previsível baseado na observação empírica e intuição sobre o problema devido ao conhecimento do comportamento geral do sistema [89]. Desta forma, foi criado o índice relacional designado “Índice de Gravidade Local Relativo (IGLR %)”, Tabela 5 – Cálculo % do Índice de Gravidade Local Relativo (IGLR) (%) e Tabela 6 – Variáveis para cálculo do IGLR (%), sendo “gravidade” a importância e peso do parâmetro, relativa pelo uso de números relativos para a construção do que foi identificado posteriormente como *função de pertinência para a fuzzyficação dos valores de entrada*, para os dados anteriormente classificados no *dataset*. Como consequência, observou-se uma antecipação do resultado final desejado antes da realização de Monte Carlo; e na busca de justificativa para compreensão da convergência dos resultados, identificou-se: que o conjunto de dados do problema a ser resolvido, classificado, atende aos critérios estabelecidos para *dataset* nebuloso [89]; que o IGLR é a função de pertinência do método; e que a *defuzzyficação* foi obtida diretamente pelo simples

ordenamento, das grandezas resultantes, da maior para a menor, consolidando, ao final, o uso inconsciente e não intencional da metodologia nebulosa [89].

## 2.2 O estudo diante da metodologia nebulosa

O método nebuloso [6][89] permite a obtenção de resultados mais rapidamente, por cálculos simples, para a tomada de decisões baseada em dados de entrada qualitativos ou quantitativos, proporcionando resultados próximos aos valores reais desejados; o indicador simplificado para a análise do comportamento dos diversos parâmetros do problema, a função de pertinência estabelecida pelo IGRL % *fuzzifica* os dados em análise e a *defuzzificação* direta pelo ordenamento dos resultados do maior ao menor simplifica o resultado.

Os fluxogramas da Figura 3 - Fluxograma da organização de dados para classificação e da Figura 4 - Fluxograma do classificador de atributos, etapas um e dois, mostram o processo de classificação para a harmonização das tabelas CSV. As planilhas anuais foram verificadas e, por meio de diversos filtros, tratadas e classificadas individualmente e após o tratamento não foram combinadas. As planilhas foram mantidas separadas, organizadas por ano-base (2017, 2016 e 2014) para o melhor desempenho sequencial, tendo sido empregada à linguagem Excel ® VBA (macros) no desenvolvimento de macros para o programa. A partir dos fluxogramas da Figura 5- Fluxograma da preparação dos dados para análise e Figura 6 - Fluxograma do método de processamento dos registros: entradas e saídas desenvolve-se o índice de Gravidade Local Relativo (%), indicador comparativo para análise das diversas distribuições do problema. O aprofundamento da análise estatística dos conjuntos de dados permitiu a utilização do método de avaliação a partir de planilhas com dados reais de manutenção e a possibilidade de projeção de novos valores. O grande espaço amostral facilitou o estudo, compensando a dificuldade do manuseio das tabelas. Na fase inicial se concentrou nos eventos, suas durações e demais dados da tabela original, ao qual foram acrescentados dados do sítio *timeanddate.com* [87]. Os dados de manutenção das redes de distribuição de eletricidade foram analisados, na busca de padrões que permitissem alguma forma de previsão de resultados por meio de programação [90]. A análise da frequência, expandida em tabelas numéricas fixando como base as variáveis comuns e com menor dispersão, e a classificação associadas à quantidade dos eventos e o tempo gasto na manutenção de dados também classificados, de 2017, 2016 e 2014, sobre as interrupções de serviços ocorridas em 36 municípios atendidos pela concessionária de serviços de eletricidade possibilita a visualização do problema em formato gráfico qualitativo [90]. Sem

a expansão da análise em meio a um grande volume de dados, buscaram-se soluções por redes neurais [80], os algoritmos genéticos [81] ou lógica nebulosa [6], com opções de filtragem e sem a pré-seleção e escolha da ferramenta mais adequada, pode equivaler à busca de solução por método de força bruta, computacional. O conhecimento da sazonalidade da distribuição estatística se torna importante para o planejamento e ajustes a eventos que tendem a uma distribuição normal, considerando o tamanho do espaço amostral, expandindo a análise qualitativa apresentada sobre o tema em trabalhos anteriores. As tabelas foram construídas em Excel© VBA [17]; e o investimento na qualidade dos dados, reclassificadas as condições climáticas, em classes mais atualizadas, corrigidos erros de data-hora (“*timestamp*”) gerados por confusões e erros no Excel® VBA, comum às operações que envolvam datas e horas, resultaram nas demonstrações apresentadas no Capítulo 3. A Tabela 5 – Cálculo % do Índice de Gravidade Local Relativo (IGLR) (%) e a Tabela 6 – Variáveis para cálculo do IGLR (%) apresentam os cálculos desenvolvidos em linguagem macro VBA Excel® para avaliação do problema. Observa-se que a expressão contempla o período da duração da interrupção por consumidores afetados, multiplicada pela frequência dos eventos, todos os elementos relativos aos totais observados. O método utilizado, após análise comparativa com métodos nebulosos publicados, reflete o uso do método descrito pelos autores Takagi e Sugino na publicação *Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control* [91].

**Tabela 5 – Cálculo % do Índice de Gravidade Local Relativo (IGLR) (%)**

Cálculo do Índice de Gravidade Local Relativo (%)		
$DIC_c = \sum_{n=1}^{n[c]} DIC_n \quad (1)$	$NUC_c = \sum_{n=1}^{n[c]} NUC_n \quad (2)$	$Ev_c = \sum_{n=1}^{n[c]} EV_n \quad (3)$
$DIC_T = \sum_{c=1}^{n[c]} D_c \quad (4)$	$NUC_T = \sum_{c=1}^{n[c]} Q_c \quad (5)$	$Ev_T = \sum_{c=1}^{n[c]} EV_c \quad (6)$
$VIGLR_{REL_c} = \left( \frac{DIC_c}{DIC_T} \times \frac{NUC_c}{NUC_T} \right) \left( \frac{EV_c}{EV_T} \right)^{-1} \times 100 \text{ [%]} \quad (7)$		
$VIGLR_{REL_T} = \sum_{n=1}^{n[c]} VIGLR_{REL_c} = 100\% \quad (8)$		

**Tabela 6 – Variáveis para cálculo do IGLR (%)**

Cálculo da distribuição relativa para unidades consumidoras do conjunto faturadas e atendidas em BT ou MT ou por pontos de conexão afetados por uma mesma interrupção do fornecimento de energia	
Duração da interrupção individual na unidade consumidora	$DIC_n$
Número de unidades consumidoras afetadas	$NUC_n$
Evento (unitário) de interrupção	$EV_n$
Somatório da duração de interrupção individual por unidade consumidora, classificados para uma determinada categoria.	$DIC_c$
Somatório das unidades consumidoras afetadas classificadas para uma determinada categoria	$NUC_c$
Somatório dos eventos unitários classificados para uma determinada categoria	$EV_c$
Somatório de todas as durações totais das interrupções classificadas para todas as categorias	$DIC_T$
Somatório de todas as unidades consumidoras classificadas para todas as categorias	$NUC_T$
Somatório de todos os eventos classificados para todas as categorias	$EV_T$
Valor do índice de gravidade local relativo	$VIGLR_{REL_n}$
Somatório de todos os índices de gravidade local relativo para todas as categorias com valor ideal = 100% (indicador de qualidade)	$VIGLR_{REL_T}$

## 2.3 Organização da planilha de dados anuais

A harmonização do conteúdo das diversas planilhas de dados com o registro de ocorrências de interrupção disponíveis, mas coletadas em tempos diferentes, resultou na necessidade do retrabalho, porque os dados apresentavam diversos erros de digitação: problemas com a inserção de caracteres ANSI em português (acentuação e cedilhas), que produzem erros inesperados durante a execução dos macros e sub-rotinas (programas), onde não foi previsto o uso de tais caracteres, em alguns casos com valor especial para o programa. Além dos caracteres especiais, foram necessárias correções de formatação, a identificação de campos não preenchidos dos registros de informações ao contrário de dados, necessidade de inclusão de outras informações para o estudo (e.g. clima, dia da semana, população nas regiões geográficas do evento); e, por último, a codificação das informações para proteção das empresas que contribuiriam à elaboração do trabalho, sem as quais não seria possível o

desenvolvimento do presente método. Os arquivos foram parcialmente limpos manualmente, entretanto a codificação extensiva dos campos de informação foi conduzida por ferramenta computacional, devido ao volume de trabalho necessário para sua realização e encontra-se descrita nos fluxogramas da Figura 3 - Fluxograma da organização de dados para classificação e da Figura 4 - Fluxograma do classificador de atributos.

### 2.3.1 Classificação

A classificação do conteúdo das diversas planilhas de dados é uma tarefa importante devido ao uso, no trabalho, de dados reais com informações críticas corporativas que não podem ser expostas ou reveladas por se tratarem de dados confidenciais, que devem ser protegidos conforme apresentado no item 1.3.9 Confidencialidade. O processo se baseia na identificação de todas as identidades distintas de um determinado atributo; do estabelecimento de um código único para cada identidade. Uma vez estabelecido os códigos que cobrem todas as identidades para o atributo (classe), são gerados arquivos acessórios, as tabelas auxiliares compostas da lista de códigos separada do real valor por pontos e vírgulas. A estrutura para as demais variáveis segue a mesma regra, uma letra (mnemônico) que sugere a natureza do atributo (D, dia; M, mês; E, equipamento. C, município ou cidade; etc.) seguidas por uma numeração sequencial que distingue cada objeto da classe para uma única identidade. Como exemplo simples, são apresentadas listas de duas variáveis de classificação simples e os respectivos códigos de classificação na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Tabela 8 – Exemplo da estrutura do arquivo “tabela auxiliar”. Observa-se que o formato da tabela auxiliar, conhecida como formato texto MSDOS© CSV apresenta uma estrutura bastante simples.

**Tabela 7 – Exemplo de códigos de classificação**

Mês	Código-Classificação	Dia da Semana	Código-Classificação
Janeiro	M01	Domingo	D1
Fevereiro	M02	Segunda-Feira	D2
Março	M03	Terça-Feira	D3
----	----	----	----
Novembro	M11	Sexta-Feira	D6
Dezembro	M12	Sábado	D7

**Tabela 8 – Exemplo da estrutura do arquivo “tabela auxiliar”**

Classes identificadas no nome do arquivo		Arquivo CSV (exemplo)	
Cabeçalho	Nome do atributo	Dia da semana	Código do dia da semana
atributo11	atributo21	Domingo	D1
atributo12	atributo22	Segunda-feira	D2
atributo13	atributo23	Terça-feira	D3
atributo14	atributo24	Quarta-feira	D4
atributo15	atributo25	Quinta-feira	D5
atributo16	atributo26	Sexta-feira	D6
atributo17	atributo27	Sábado	D7

### 2.3.2 Macros VBA

Inclusa às ferramentas do Microsoft Office®, encontra-se a linguagem VBA, de ampla aplicação e velocidade [17]. Pressionando-se as teclas ALT-F11 abre-se um universo de possibilidades que pode ser explorado não somente para a elaboração de simples planilhas, mas para operações complexas programadas por “scripts”, sem a construção de um programa executável, conforme na linguagem Python [16], mas usando o interpretador instalado no sistema operacional. A linguagem, simples, é originada do Basic, uma das primeiras formas de programação utilizando interpretadores em substituição aos compiladores.

### 2.3.3 Preparação dos dados

A preparação dos dados Figura 3 - Fluxograma da organização de dados para classificação é feita, inicialmente, manualmente, substituindo-se caracteres internacionais ANSI com acentuação gráfica e a cedilha, empregues na língua portuguesa, por caracteres sem acentuação e sem a cedilha. Espaçamentos duplos foram eliminados e diversos outros cuidados, como caracteres de espaçamento esquecidos a esquerda ou à esquerda dos atributos e outras estruturas que interferem na identificação para comparação dos valores registrados. A própria filtragem da classificação demonstrou que alguns atributos iguais foram digitados em momentos diferentes, criando singularidades não desejadas e classificações adicionais insignificantes ao sistema. Observa-se que causa-raiz e as sub causas foram criadas a partir da

fragmentação de informações contidas na descrição da causa, assim como a tipificação da instalação, que foi feita a partir da descrição do conjunto, favorecendo a uma melhor filtragem e análise. Deste modo, foram necessárias diversas reiterações na operação para a preparação da planilha para a classificação final e geração adequada das tabelas auxiliares, necessárias para a análise dos dados processados.

### 2.3.4 Processamento

A Figura 4 - Fluxograma do classificador de atributos apresenta a sequência de processos utilizados para a classificação dos atributos, sendo necessária a escolha do mnemônico para a representação do código, conforme apresentado no ponto 2.3.1, **Classificação**. O classificador procura sequencialmente, para o mesmo atributo e em todos os registros existentes, dados que sejam distintos, diferentes de outros previamente avaliados. Para isso é construída a tabela *var ()* onde é salvo o elemento distinto cada vez que assim é identificado. Seguindo ao elemento seguinte, compara-se o valor lido com todos os dados distintos salvos em *var ()*; caso o elemento esteja na lista, assinala-se no atributo (coluna) em branco, ao lado o código identificado para esse objeto; caso o elemento não exista na lista, um novo código sequencial é gerado, salvo na lista e impresso na coluna destinada aos códigos. O processo se repete até que todos os atributos sejam identificados e uma lista impressa dos valores em *var ()* seja impressa no formato de uma tabela auxiliar.



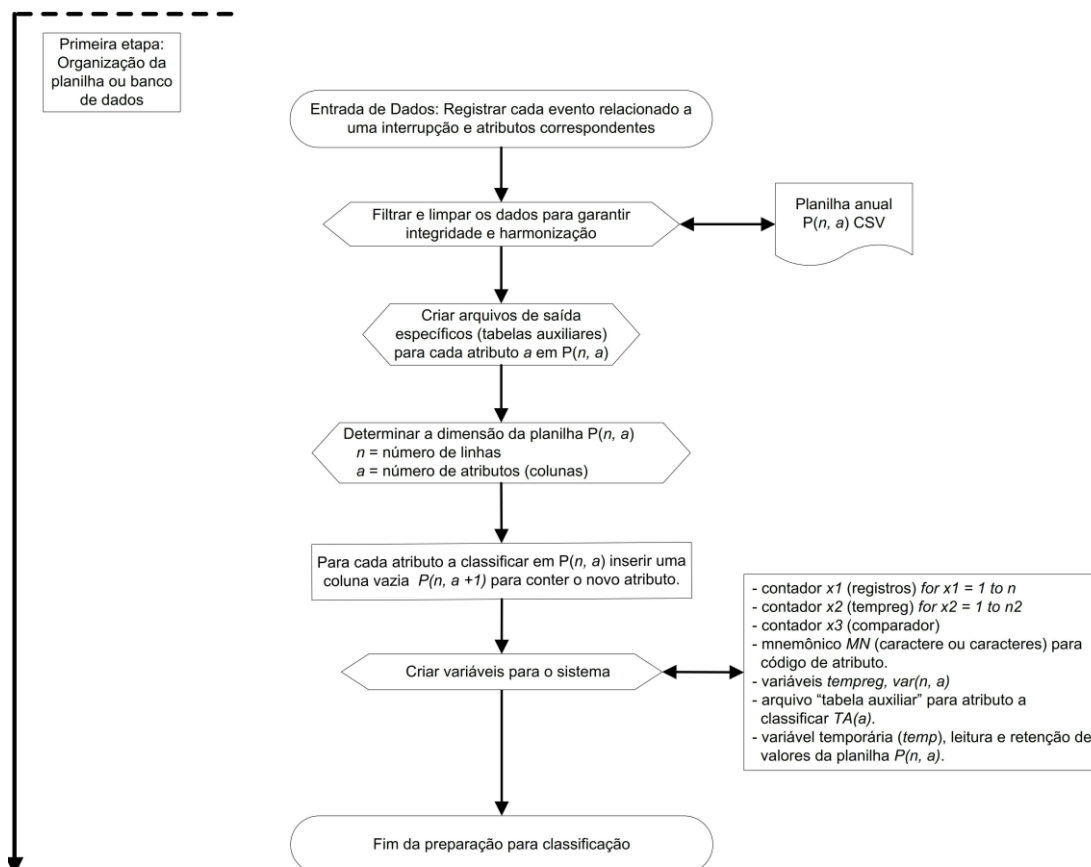


Figura 3 - Fluxograma da organização de dados para classificação

## 2.4 Preparação para análise

A terceira etapa para desenvolvimento do método encontra-se na Figura 5- Fluxograma da preparação dos dados para análise, sendo necessária a criação de variáveis capazes de conter, de modo adequado, os dados em uso. Conforme na linguagem Python[16], é possível na linguagem Excel© VBA [17] não declarar variáveis, entretanto o revés desse método reduz o desempenho dos algoritmos e pode ocasionar erros no sistema, quando o interpretador decide de forma errada qual a dimensão da variável em uso, fatos que motivam a preparação prévia do espaço para as variáveis na memória do computador. Para o sistema analítico, foram criadas a seguintes variáveis:

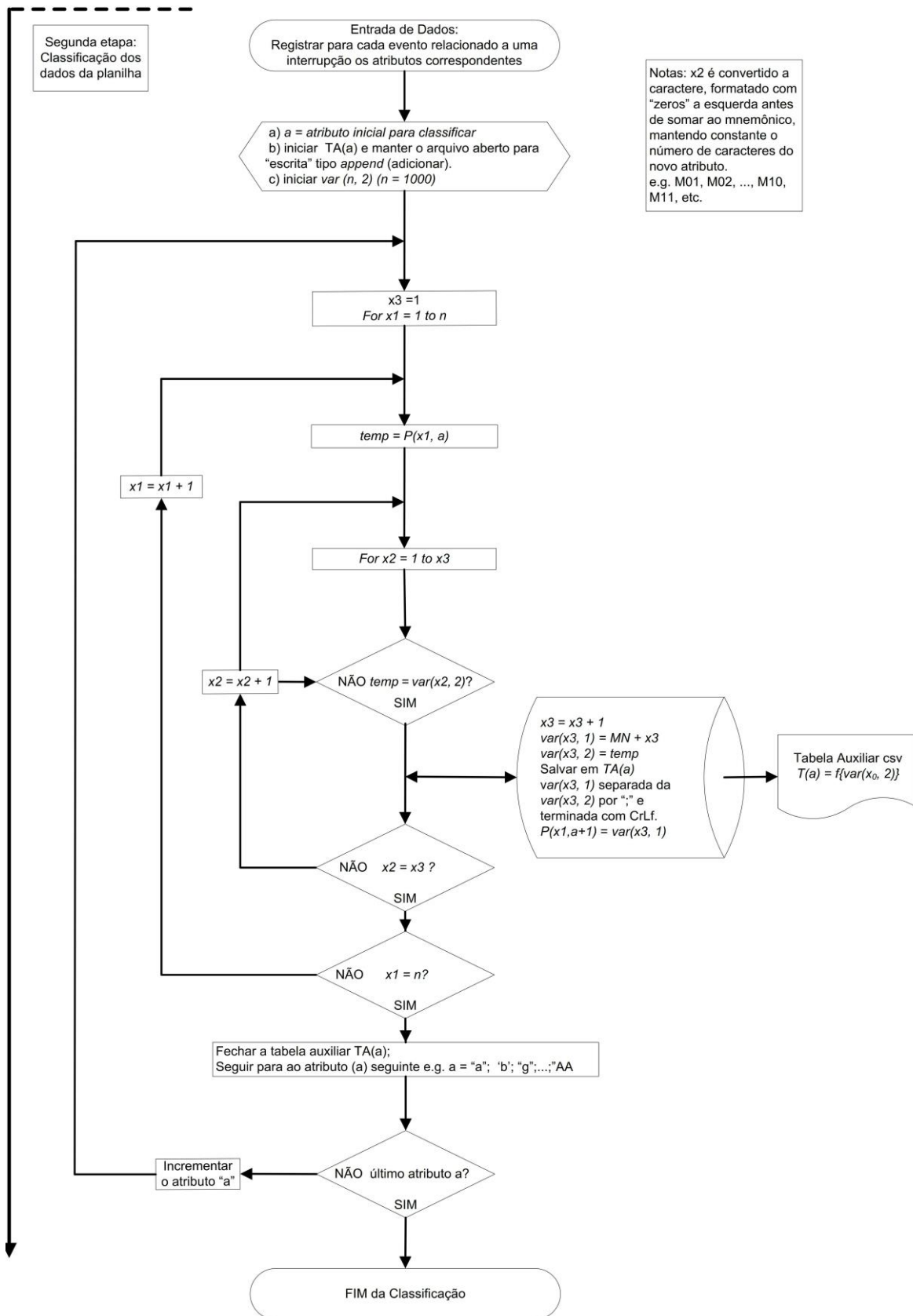


Figura 4 - Fluxograma do classificador de atributos

## 2.4.1 Variáveis

A Tabela 9 – Propriedade das variáveis em VBA apresenta as características das variáveis utilizadas para solução do problema; e a Tabela 10 – Resumo das variáveis criadas para o sistema, o resumo das variáveis criadas e utilizadas no sistema.

**Tabela 9 – Propriedade das variáveis em VBA**

Variável	Condição	Valores
Boolean	Depende da Plataforma	Verdadeiro ou falso ( <i>True</i> or <i>False</i> )
Double	8 bytes	de -1.79769313486232e308 a 1.79769313486232e308
Long	8 bytes	de -9,223,372,036,854,775,808 a 9,223,372,036,854,775,807
String	Depende da Plataforma	de 0 até aproximadamente 2 bilhões de caracteres Unicode

**Tabela 10 – Resumo das variáveis criadas para o sistema**

Sub Rotina Macro (Programa)
<p>'Iniciar a subrotina Public Sub Analise()</p> <p>'Contadores: Dim x1, x2, x3, x4, xi, xta, vi, Ev, NUC As Long</p> <p>'Nome do diretório, arquivos e planilhas CSV: Dim fPath, csvfile, csvPlan, Plan As String</p> <p>'Declaração da planilha (Workbook) a ser utilizada para análise; e da planilha local para saída do resultados (a planilha que contém as macros VBA). Dim WKB, TWKB As Workbook</p> <p>'Declaração da folha da planilha (Worksheet) lida em análise; e de saída dos resultados (contida na planilha que contém as macros VBA). Dim WKS, TWKS As Excel.Worksheet</p> <p>'Variável com casas decimais para somatório da duração DIC Dim DUR As Double</p> <p>'Variável para conter o atributo da célula lida na planilha CSV em análise e para a leitura de uma linha da tabela auxiliar Dim atb, xln As String</p> <p>'Variável temporária para salvar as classes em análise contidas nas tabelas auxiliares 'grande o bastante para a solução de todos os problemas (valor exagerado) Dim var(100000, 2) As String</p> <p>'Variáveis alfanuméricas temporárias v1, v2 e v3. Dim v1, v2, v3, i1, i2, i3 As String</p> <p>'Variável matricial é definida inicialmente sem dimensão, entretanto o tipo de variável definido (String) 'Nota: posteriormente é feito o redimensionamento da variável "categoria" cat() Dim cat() As String</p> <p>'Variável para teste de condição Dim Primeiro As Boolean</p>

## 2.4.2 Tratamento de erros

É de grande importância o tratamento de erros no VBA para que, se possível, identificar divisões por zero e outros erros de sintaxe. Usando desvios controlados e indicações das falhas para o reconhecimento e ação de reparo do erro, o processo torna-se fácil, desde que feito a partir do seguinte esquema:

- 1 - Declara-se o *label* ou nome da linha-destino para a macro seguir em caso de erros.
- 2 - Desenvolve-se o programa na integridade.
- 3 - Conclui-se, ao final da macro, com a instrução de saída (*Exit*). Nas sub-rotinas usar *Exit Sub*; e para as funções, *Exit Function*.
- 4 - Assinala-se o *label*-destino para erros, seguido de dois pontos (:) ao final da macro.
- 5 - Trata-se e identifica-se o erro utilizando-se “caixas de mensagem” temporárias que indicam o erro (*Error*). A caixa (*MsgBox*) possui botão de conhecimento que força o programa seguir para a instrução seguinte.
- 6 - Instrui-se, após a mensagem de erro, o retorno da execução ao ponto posterior ao erro (*Resume Next*). Em geral ocorrem danos à execução, mas se identifica a exata linha e a natureza do erro por esse método. A Tabela 11 – Tratamento de erros apresenta a sub-rotina.

**Tabela 11 – Tratamento de erros**

Sub Rotina Macro (Programa)
<p>'Indicar a linha-destino para o tratamento de erros do programa: On Error goto Tratar_Erro_Aqui</p> <p>'DESENVOLVER TODO O PROGRAMA NESTA SEÇÃO</p> <p>'Tratar da saída da subrotina após execução da macro Exit Sub</p> <p>'Tratar erros após finalização (a macro não executará as instruções após esse ponto se for bem sucedida 'a o nome do label deve coincidir com o da rotina goto seguido por dois pontos (:) Tratar_Erro_Aqui:</p> <p>'Solicitar a indicação do erro encontrado na execução da macro. VBA.MsgBox Error</p> <p>'Tentar continuar a execução do programa ignorando o erro ocorrido e seguindo para a linha após o erro. Resume Next</p> <p>Encerrar a subrotina e macro neste ponto. Fim do programa. End Sub</p>

### 2.4.3 Registro das interrupções anuais

As planilhas para análise foram divididas por ano base (2017, 2016 e 2014) e colocadas na mesma pasta de trabalho da planilha com macros (programa). A macro foi executada para a avaliação do comportamento estatístico em cada ano, sobre o comportamento de determinados atributos, fixando-se como variáveis independentes o NUC, ou número de consumidores afetados por uma interrupção, e o DIC, a duração do evento que afetou o grupo de consumidores (NUC) do evento; e o evento (Ev), sendo necessário identificar o Diretório ou Pasta onde a planilha se encontra; o nome do arquivo-planilha (e.g.: P2017.CSV, P2016.CSV e P2014.CSV); e o nome da folha de trabalho na planilha de onde serão extraídos os dados (e.g. P2017, P2016 e P2014). Em linguagem VBA, a macro é elaborada da seguinte forma:

1 - Realiza-se a consulta ao sistema operacional para localizar a pasta onde a macro está sendo realizada.

2 - Combina-se o nome do arquivo (planilha CSV) ao da pasta de execução da macro para localização do arquivo.

3 - Indica-se o nome da folha da planilha para perfeita localização do conteúdo.

4 - Abre-se a planilha (*workbook*) indicando-se o formato do arquivo.

5 – Configura-se a variável prédimensionada (e.g. Set WKB, Set TWKB) como (*workbook*) ativo no sistema.

6 – Ativa-se a folha (*sheet*) da planilha para consulta.

7 – Configura-se uma variável pré-dimensionada (e.g. Set WKBS, Set TWKBS) e ativa-se a folha (*sheet*) da planilha (*workbook*) para consulta.

O programa para iniciar a planilha (*workbook*) e a folha de trabalho (*worksheet, sheet*) é apresentado na Tabela 12 – Iniciação da planilha e da folha de trabalhos.

**Tabela 12 – Iniciação da planilha e da folha de trabalhos**

Sub Rotina Macro (Programa)
<pre>'Localizar a Pasta onde se encontra a macro e devem estar todos os arquivos: fPath = ActiveWorkbook.Path  'Declarar o nome do arquivo (planilha, <i>workbook</i>) a ser analisado entre duplas aspas csvfile = fPath &amp; "\ P2017.csv"  'Declarar o nome da folha (<i>sheet, worksheet</i>) do arquivo (planilha, <i>workbook</i>) a ser analisada entre duplas aspas csvPlane = "P2017"  'Abrir a planilha (<i>workbook</i>) indicando o formato do arquivo (CSV, <i>Comma:=False, Semicolon:=True</i>) Workbooks.OpenText Filename:=csvfile, DataType:=xlDelimited, Comma:=False, Semicolon:=True, local:=True  'Criar a variável <i>workbook</i> Set WKB = ActiveWorkbook  'Ativar a folha (<i>sheet</i>) que será lida WKB.Worksheets(csvPlan).Activate  'Criar a variável <i>worksheet</i> Set WKS = WKB.Worksheets(csvPlan)</pre>

## 2.4.4 Tabelas auxiliares à memória

As tabelas auxiliares foram abertas por comandos da linguagem Visual Basic, sem aplicação de mecanismos específicos para as planilhas Excel®, para que os dados sejam transferidos diretamente às posições de memória com maior desempenho. A cada leitura dos caracteres de uma única linha de dados (registro), separadas por caracteres especiais CRLF (*carriage return e line feed*) no arquivo CSV, separam-se os dados que se estão divididos pelo caractere ponto e vírgula (;). A cada operação incrementa-se o contador *xta*, alterando o índice da memória temporária *var(xta, 2)*. Posteriormente utilizar-se-á somente uma dimensão de *var(xta, 1)*, entretanto registra-se o código em *var(xta, 1)* e a descrição em *var(xta, 2)*, não utilizada. Essa operação repete-se em loop até que se encontre o fim do arquivo (*EOF*). Ajusta-se o tamanho da variável temporária *var()* para a real dimensão na tabela auxiliar, por meio da variável categoria *cat()* redimensionada ao valor de *xta* e igualada a variável temporária *cat() = var()*. Dez tabelas auxiliares foram analisadas: municípios (*cod\_municipio.csv*); dia da semana (*cod\_dia.csv*); mês (*cod\_mes.csv*); causa (*cod\_desc\_causa.csv*); causa raiz (*cod\_causa\_raiz.csv*); causa subraiz (*cod\_sub\_causa\_raiz.csv*); descrição do *label* da subestação (*cod\_des\_label\_subest.csv*); equipamento (*cod\_des equip.csv*); e tipo de instalação (*cod\_tip.csv*) e clima (*cod\_clima.csv*). A macro é apresentada na Tabela 13 – Leitura das

tabelas auxiliares e a descrição dos dados se encontram no item 1.3.1 Banco de dados (*Database*)

e na Tabela 2 - Dados de Interrupção de Serviços de Eletricidade e Tabela 3 - Tabelas Auxiliares

**Tabela 13 – Leitura das tabelas auxiliares**

<b>Sub Rotina Macro (Programa)</b>
<pre> Indicar o arquivo a ser aberto: '1 – Municípios; Open fPath &amp; "\cod_municipio.csv" For Input As #1 '2 - Dia da semana: Open fPath &amp; "\cod_dia.csv" For Input As #1 '3 – Mês: Open fPath &amp; "\cod_mes.csv" For Input As #1 '4 – Causa: Open fPath &amp; "\cod_desc_causa.csv" For Input As #1 '5 – Causa raiz: Open fPath &amp; "\cod_causa_raiz.csv" For Input As #1 '6 - Causa sub raiz: Open fPath &amp; "\cod_sub_causa_raiz.csv" For Input As #1 '7 - Label subestação: Open fPath &amp; "\cod_des_label_subst.csv" For Input As #1 '8 – Equipamento: Open fPath &amp; "\cod_des_equip.csv" For Input As #1 '9 – Tipo de instalação: Open fPath &amp; "\cod_tip.csv" For Input As #1 '10 – Clima: Open fPath &amp; "\cod_clima.csv" For Input As #1 Open fPath &amp; "\cod_clima.csv" For Input As #1  ' Zerar a variável xta xta = 0  'Verificar se o arquivo chegou ao fim: Do While Not VBA.EOF(1)  'Copiar uma única linha (registro) da tabela auxiliar com terminação CRLF para a variável xIn Line Input #1, xIn  'Incrementar o contador xta xta = xta + 1  'Extrair o código e a descrição do item, salvando o resultado na variável local var(xta, 2) 'extrair os caracteres a esquerda até o separador (;) var(xta, 1) = VBA.Left(xIn, VBA.InStr(xIn, ";") - 1)  ' extrair os caracteres a direita após o separador (;) var(xta, 2) = VBA.Right(xIn, VBA.Len(xIn) - VBA.InStr(xIn, ";"))  'Interromper o sistema para evitar congelamentos do computador durante a rotina VBA.DoEvents  'Nota: sobre os valores lidos da Tabela Auxiliar: 'var(xta, 1) = código do item 'var(xta, 2) = descrição do item  'Retornar para a leitura da próxima linha (se houver) Loop  'Encerrar a leitura da tabela auxiliar, fechando o arquivo Close #1  'Redimensionar a variável "cat()" e igualar a nova matriz a var(): ReDim cat(xta, 2) </pre>

**Sub Rotina Macro (Programa)**

```
cat() = var()
```



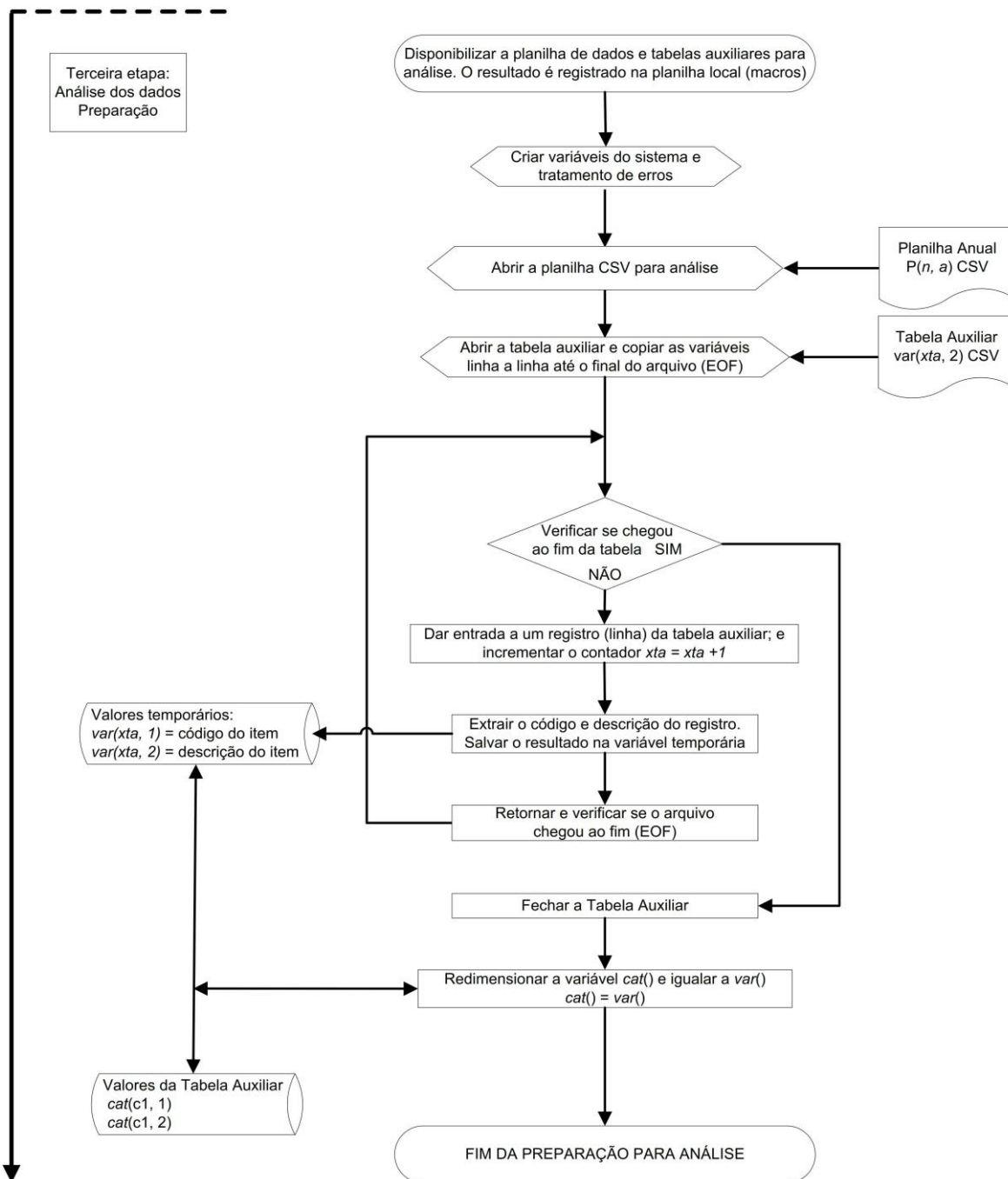


Figura 5- Fluxograma da preparação dos dados para análise

## 2.5 Processamento dos registros: entradas e saídas

A 4ª etapa encontra-se descrita na Figura 6 - Fluxograma do método de processamento dos registros: entradas e saídas e foi aplicado sobre as planilhas CSV com registros de eventos de interrupção para os anos de 2017, 2016 ou 2014, previamente classificadas em conformidade com os dados das tabelas auxiliares, com a mesma organização de atributos

(colunas) e carregadas na memória na 3ª etapa. Os processamentos posteriores a essa etapa tratam das fórmulas e ordenação dos dados para análise, sendo que a grande organização dos dados se passa no presente processo.

## 2.5.1 Abertura da planilha e da folha de trabalho

Para iniciar a planilha (*workbook*) e a folha de trabalho (*worksheet*) a Tabela 14 – Ativação e preparação para análise de dados, são apresentados a sequência de instruções e de ativação para uso dos recursos e os dados do Excel ©.

**Tabela 14 – Ativação e preparação para análise de dados**

Sub Rotina Macro (Programa)
<pre>' Ativar a planilha WKV (<i>workbook</i>) para contagem dos registros (linhas) da folha (<i>sheet</i>) correspondente. WKB.Worksheets(csvPlan).Activate  'Contar o numero de registros na folha WKS xi = WKS.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row 'xi é igual ao número de registros (linhas)  'Ativar a planilha (<i>workbook</i>) local onde foi instalada a macro Set TWKB = ThisWorkbook  'Indicar folha (<i>worksheet, sheet</i>) local, dando o nome da folha onde serão apresentados os resultados da macro sPlan = "Plan1" Set TWKS = TWKB.Worksheets(sPlan)  'Ativar a folha (<i>worksheet, sheet</i>) local para apresentação dos resultados da macro TWKB.Worksheets(sPlan).Activate  'Apagar resultados anteriores na folha de saída Sheets(sPlan).Cells.Clear  'Imprimir na coluna "A", a partir da célula "A3" (A3, A4, A5, ..., An) os códigos de saída válidos existentes 'na coluna "A" da tabela auxiliar em uso. Opcionalmente podem ser revelados as descrições do código, 'nesta coluna alternando-se a variável cat(x2,1) para cat(x2, 2). 'Iniciar o Loop For-Next:  'Imprimir os valores da tabela auxiliar. A posição (1) corresponde ao cabeçalho e não foi utilizada. For x2 = 2 To xta     'Interromper o sistema para evitar congelamentos " do computador durante a rotina     VBA.DoEvents     'transpor x2 no índice I1 para a linha da Coluna "A" na planilha local que irão conter cat(x2,1)     i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2 + 1))     'criar o atributo ou "range" "Ax2+1" para acesso a célula (leitura ou escrita)     atb = "A" &amp; i1     'escrever o conteúdo de cat(x2, 1) na célula da folha local, na célula "Ax2+1"     TWKS.Range(atb).Value = cat(x2, 1)     'Retornar à linha For incrementando x2; sair do loop quando x2 = xta Next x2  'Extender o tamanho das colunas "AQ", "AG" e "AH" para que a na leitura sejam reconhecidos 'os valores expressos em WKS. Caso a coluna seja menor que o espaço necessário para representação 'do número, o valor lido será "#####", inválido, resultando em erro de operação na macro.</pre>

Sub Rotina Macro (Programa)
'ajustar o tamanho da coluna AQ atb = "AQ1" WKS.Range(atb).EntireColumn.ColumnWidth = 50
'ajustar o tamanho da coluna AG atb = "AG1" WKS.Range(atb).EntireColumn.ColumnWidth = 50
'ajustar o tamanho da coluna Ah atb = "AH1" WKS.Range(atb).EntireColumn.ColumnWidth = 50
'Fim da preparação para análise

## 2.5.2 Análise e organização da informação

Após a preparação, inicia-se a leitura sequencial, registro a registro, do dado que se deseja analisar. A Figura 6 - Fluxograma do método de processamento dos registros: entradas e saídas utiliza as classificações existentes nas tabelas auxiliares, com  $(xta)$  objetos na mesma classe, dividindo os registros de um determinado ano  $(xi)$  por cada objeto da mesma classe. Para isso, seleciona-se registro a registro a leitura do elemento em análise na folha de dados da planilha anual e realiza a busca por um dado equivalente em  $cat(x2, I)$ . Ocorrendo a identidade entre as variáveis, transcreve-se os valores  $v1$  e  $v2$  contidos no registro  $(x1)$  da folha da planilha anual ( $WKS$ ), salvos na folha de dados da planilha local ( $TWKS$ ) para o índice  $xta$ , na posição da coluna correspondente a  $xta + 1$ , com os valores da duração da interrupção, quantidade de consumidores afetados (constantes para o ano registrado) e o número de eventos (calculado) ocorridos. A soma algébrica dos eventos ( $Ev$ ) ou registros; dos valores  $NUC$  salvos em  $v1$  e  $DIC$ , salvos em  $v2$  são somados aos valores previamente guardados sempre na mesma posição de classe na planilha e folha local. Ao final das reiterações, obtêm-se o somatório de todos os eventos ( $Ev$ ); de todos os consumidores afetados ( $NUC$ ); e de todas as interrupções ( $DIC$ ) ocorridas para uma mesma determinada classe, que pode ser um ou mais dias da semana, determinado(s) mês(es), determinada(s) subestação(ões), equipamento(s), causa(s), causa(s) raiz, sub causa(s), condição(ões) climática(s), etc. As macros e o método são detalhados na Tabela 15 – Determinação do somatório do  $NUC$ ,  $DIC$  e eventos por classe. e na Tabela 16 – Titulação, rotulação, cálculos e limpeza final

**Tabela 15 – Determinação do somatório do NUC, DIC e eventos por classe.**

Sub Rotina Macro (Programa)
<p>'Contar os registros do arquivo CSV, inicialmente ativando a planilha (workbook) e a folha (sheet) desejada. WKB.Worksheets(csvPlan).Activate</p> <p>'xi = última linha do arquivo; e x1 = índice de consulta. Não sendo utiliza x1 = 1 porque existe cabeçalho. For x1 = 2 To xi</p> <p>'Iniciar a variável x1 que será contada de 2 até xi (o final da tabela). A contagem inicia em dois porque 'a planilha possui cabeçalho. For x1 = 2 To xi</p> <p>'Avaliar os dados do registro, lendo os valores das célula da folha da planilha do arquivo csv. 'Salvar resultado nas variáveis temporárias v1 e v2; v3 registra a classe em investigação na planilha, oibservando: '1 – o atributo AG corresponde ao dado (NUC), nº de consumidores afetados pela interrupção em um registro. ' Ao final da operação, o valor na célula é transferido para v1. '2 – o atributo AH corresponde ao dado (DIC), duração da interrupção em um registro. ' Ao final da operação, o valor na célula é transferido para v2. '3 – o 3º atributo modifica-se conforme a análise. ' Ao final da operação, o valor na célula é transferido para v3. ' Atributos usados no estudo manualmente substituídos a cada consulta: ' 3.1 Municípios: atributo T, classe C ' 3.2 Dia da semana: atributo AP, classe D ' 3.3 Mês: atributo AQ, classe M ' 3.4 Causa: atributo AV, classe CS ' 3.5 Causa raiz: atributo AX, classe CR ' 3.6 Sub causa raiz: atributo AZ, classe SCR ' 3.7 Label subestação: atributo AB, classe LS ' 3.8 Equipamento: atributo X, classe E ' 3.9 Tipo de conjunto ou instalação: J, classe T ' 3.10 Clima: BL, classe CL</p> <p>'AG – NUC ou nº de consumidores afetados pela interrupção, valor salvo na variável temporária v1 atb = "AG" &amp; VBA.Trim(VBA.Str(x1)) v1 = WKS.Range(atb).Value</p> <p>'AH – DIC duração da interrupção afetando consumidores, valor salvo na variável temporária v2. 'Realiza-se a leitura da célula em formato "texto" para que não se percam as casas decimais dos dados. atb = "AH" &amp; VBA.Trim(VBA.Str(x1)) v2 = WKS.Range(atb).Text</p> <p>'Foi utilizado para exemplo a análise por Município, atributo "T" atb = "T" &amp; VBA.Trim(VBA.Str(x1)) v3 = WKS.Range(atb).Value</p> <p>'Iniciar o contador x2, de 2 até xta For x2 = 2 To xta</p> <p>' Comparar v3 = cat (x2, 1). Caso a igualdade seja verdadeira, seguir para o passo seguinte; ' Caso não exista igualdade incrementar x2 (Next x2) e testar outra classe após o comando For. If v3 = cat(x2, 1) Then</p> <p>' Nota: A partir deste encontramos a classe cat() específica para registro em análise ' Criar índice para posicionamento dos resultados na planilha local reservando espaços para títulos i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2 + 1))</p> <p>' O atributo ou coluna A da planilha local (TWKB, TWKS) foi usado na Tabela 9 – Ativação e ' preparação para análise de dados. Seguir para o atributo B (NUC) da planilha local atb = "B" &amp; i1</p>

### Sub Rotina Macro (Programa)

```

' Converter os caracteres String da célula TWKS.Range(atb) ao valor numérico Long NUC correspondente
NUC = VBA.Val(TWKS.Range(atb).Value)

' Converter os caracteres String da variável v1 no valor numérico Long xi correspondente
xi = VBA.Val(v1)

' Reescrever a célula TWKS.Range(atb) o valor convertido para caracteres String da SOMA
das variáveis v1 e NUC
TWKS.Range(atb).Value = VBA.Trim(VBA.Str(NUC + xi))

' Seguir para o atributo C (DIC) da planilha local
atb = "C" & i1
' Converter os caracteres String da célula TWKS.Range(atb) ao valor numérico Long DIC correspondente
' Capturar o valor da célula pelo método Text para não se perder os decimais dos minutos.
i2 = TWKS.Range(atb).Text

' Caso a célula não esteja preenchida na planilha WKS, substituir o valor vazio para o valor 0.
If i2 = "" Then i2 = "0"

' Converter os caracteres String de i2 ao valor numérico Double vi para preservar decimais.
' Nota: caso seja utilizado em i2 o ponto decimal (.), substituí-lo pela vígula (,) usada no Brasil.
vi = VBA.CDbI(VBA.Replace(i2, ".", ","))

' Converter os caracteres String de v2 ao valor numérico Double DUR para preservar decimais.
' Nota: caso seja utilizado em v2 o ponto decimal (.), substituí-lo pela vígula (,) usada no Brasil.
DUR = vi + VBA.CDbI(VBA.Replace(v2, ".", ","))

' Reescrever a célula TWKS.Range(atb) o valor convertido para caracteres String da SOMA
das variáveis v2 e DUR
TWKS.Range(atb).Value = VBA.Trim(VBA.Str(DUR))

' Seguir para o atributo D (Ev) da planilha local
atb = "D" & i1

' Converter os caracteres String da célula TWKS.Range(atb) ao valor numérico Long Ev correspondente
Ev = TWKS.Range(atb).Value

' Reescrever a célula TWKS.Range(atb) com o valor incrementado Ev= Ev +1, convertendo o resultado
para caracteres String
TWKS.Range(atb).Value = VBA.Trim(VBA.Str(Ev + 1))

' Sair da rotina For x2 e seguir para o próximo registro da planilha WKB visto ter sido localizada a classe
Exit For

' Encerrar o condicionamento para v3 = cat(x2, 1)
End If

' Testar para uma nova classe
Next x2

' Interromper o sistema para evitar congelamentos " do computador durante a rotina
VBA.DoEvents

' Analisar o próximo registro
Next x1

```

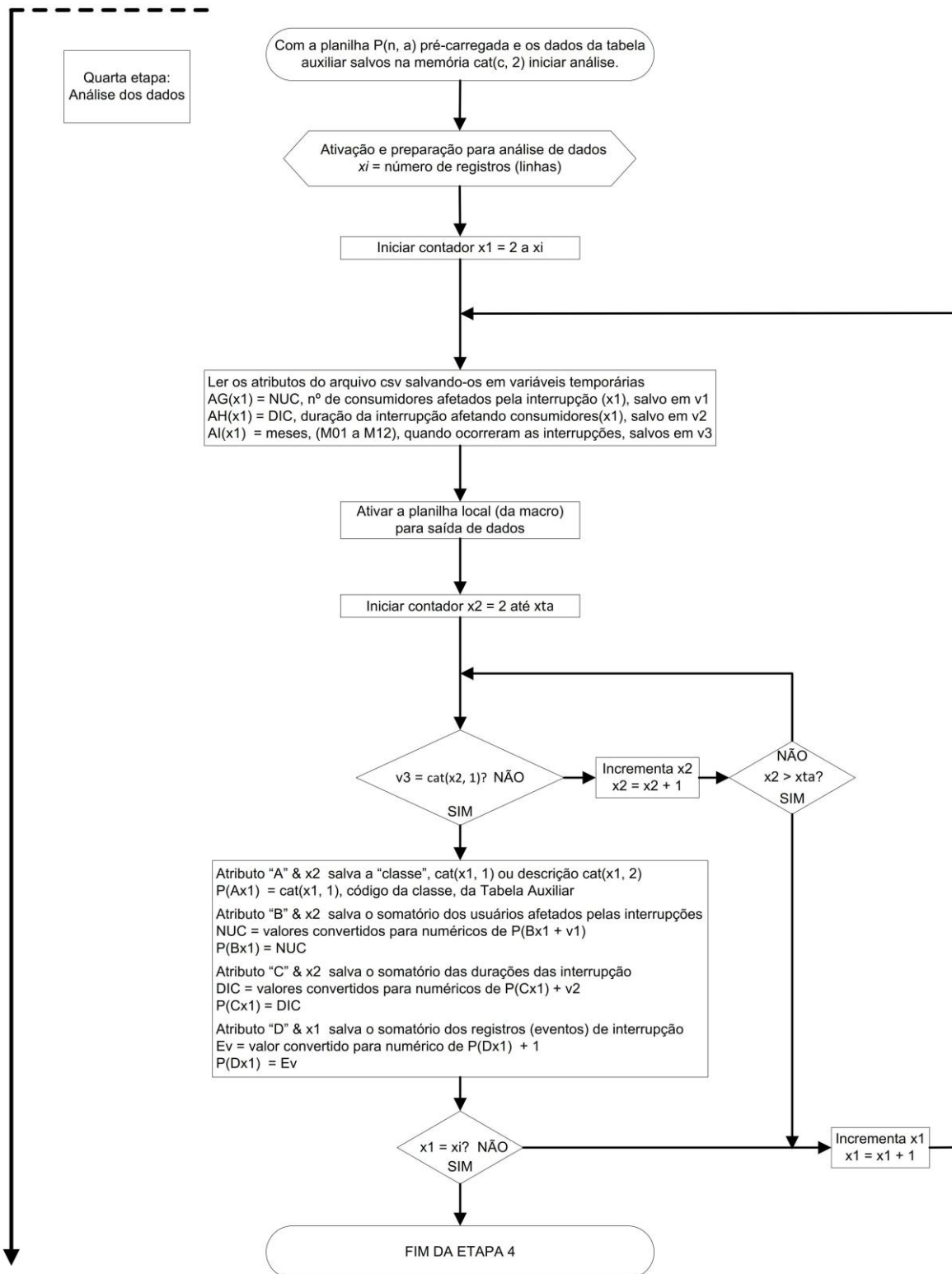


Figura 6 - Fluxograma do método de processamento dos registros: entradas e saídas

## 2.6 Cálculos e processos relevantes

A 5ª etapa introduz, automaticamente, as fórmulas utilizadas para a classificação e geração das planilhas que consolidam a análise, estando descritas na Figura 7- Fluxograma do tratamento final da informação e Tabela 16 – Titulação, rotulação, cálculos e limpeza final:

**Tabela 16 – Titulação, rotulação, cálculos e limpeza final**

Sub Rotina Macro (Programa)
<p>'Com a planilha TWKB, TWKS local com os dados finais preparar a apresentação. 'Apresentar títulos, rótulos e calcular os totais (somatório de valores) das colunas NUC, DIC, Ev, e IGLR %</p> <p>'Localizar a posição após o último valor apresentado na tabela para apresentar o resultado da soma i2 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 2))</p> <p>'Localizar o último valor a ser somado na tabela para gerar a fórmula de cálculo i3 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 1))</p> <p>'Apresentar os títulos para as colunas TWKS.Range("A2").Value = cat(1, 1) TWKS.Range("B2").Value = "NUC" TWKS.Range("C2").Value = "DIC (min)" TWKS.Range("D2").Value = "EV" TWKS.Range("E2").Value = "IGLR %" TWKS.Range("F2").Value = "SOMA %"</p> <p>'Inserir as fórmulas para cálculo dos somatórios para as colunas B (NUC), C (DIC), D (Ev) e E (IGLR%) atb = "B" &amp; i2 TWKS.Range(atb).Formula = "= SUM(B3:B" &amp; i3 &amp; ")" atb = "C" &amp; i2 TWKS.Range(atb).Formula = "= SUM(C3:C" &amp; i3 &amp; ")" atb = "D" &amp; i2 TWKS.Range(atb).Formula = "= SUM(D3:D" &amp; i3 &amp; ")" atb = "E" &amp; i2 TWKS.Range(atb).Formula = "= SUM(E3:E" &amp; i3 &amp; ")"</p> <p>'Inserir as fórmulas para cálculo do IGRL % no atributo E da folha TWKS da planilha TWKB local 'Iniciar contador x2 = 2 a xta For x2 = 2 To xta</p> <p>'     Determinar o atributo Ei1 para guardar a fórmula de do IGRL % e o índice i2 que localiza o somatório dos valores i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2 + 1)) atb = "E" &amp; i1 i2 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 2))</p> <p>'     Inserir as fórmulas para cálculo para dos valores do IGRL % TWKS.Range(atb).Formula = "= 100*(B" &amp; i1 &amp; "/B\$" &amp; i2 &amp; ")*(C" &amp; i1 &amp; "/C\$" &amp; i2 &amp; ")/(D" &amp; i1 &amp; "/D\$" &amp; i2 &amp; ")"</p> <p>'     Realizar o loop (Next) até que x2 = xta Next x2</p> <p>'Ajustar a largura e o formato das colunas B, C, D e E e reordenar a apresentação de todas as colunas a partir 'do maior valor do IGRL % para o menor</p> <p>'Determinar os índices i1 e i2 necessários para a formatação i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2 + 2)) i2 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 2)) 'Ajustar a largura e o formato da coluna B</p>

### Sub Rotina Macro (Programa)

```

TWKS.Range("B1").EntireColumn.ColumnWidth = 15 'Ajuste ao tamanho da coluna.
TWKS.Range("B1:B" & i2).NumberFormat = "#,###"

'Ajustar a largura e o formato da coluna C
TWKS.Range("C1").EntireColumn.ColumnWidth = 15 'Ajuste ao tamanho da coluna.
TWKS.Range("C1:C" & i2).NumberFormat = "#,###.##"

'Ajustar a largura e o formato da coluna D
TWKS.Range("D1").EntireColumn.ColumnWidth = 15 'Ajuste ao tamanho da coluna.
TWKS.Range("D1:D" & i2).NumberFormat = "#,###"

'Ajustar a largura e o formato da coluna E
TWKS.Range("E1").EntireColumn.ColumnWidth = 15 'Ajuste ao tamanho da coluna.
TWKS.Range("E1:E" & i2).NumberFormat = "#0.#####"

'Determinar os índices i1 e i2 e do atributo (atb) Ei2 necessários para a reordenação dos dados.
i2 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 2))
atb = "E" & i2
i1 = VBA.Trim(VBA.Str(xta + 1))
TWKS.Range(atb).Formula = "=SUM(E3:E" & i1 & ")"
TWKS.Range("A3:E" & xta + 1).Sort key1:=TWKS.Range("E3:E" & xta + 1), key2:=TWKS.Range("B3:B" & xta + 1),
key3:=TWKS.Range("C3:C" & xta + 1), order1:=xlDescending, Header:=xlNo

'Eliminar linhas com divisão por 0 devido a inexistência de dados no ano em análise.
'Iniciar o contador x2 = 2 a xta +2
For x2 = 2 To xta + 2

' Determinar o atributo (atb) para leitura da célula e verificação de erro
i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2))
atb = "E" & i1

' Verificar se existe erro e dar tratamento
If TWKS.Range(atb).Text = "#DIV/0!" Then
    TWKS.Range(atb).EntireRow.Delete
    x2 = x2 - 2
End If

' Após tratamento do erro verificar se x2 = xta + 2, caso negativo reiterar a operação (Next)
Next x2

'Recalcula o nº de registros xta válidos após a eliminação das linhas sem dados e
' configurar a variável Boolean com o valor Verdadeiro (True)
xta = TWKS.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
Primeiro = True

'Iniciar contador x2 = 2 a xta - 1
For x2 = 2 To xta - 1

' Determinar o atributo (atb) e índice i2 para inserção da fórmula de probabilidade acumulada (Soma %)
i1 = VBA.Trim(VBA.Str(x2 + 1))
atb = "E" & i1
i2 = VBA.Trim(VBA.Str(x2))

' Verificar se estamos na primeira linha do cálculo ou nas demais e dar tratamento adequado a fórmula
If TWKS.Range(atb).Value <> 0 Then
    atb = "F" & i1
    If Primeiro = True Then
        TWKS.Range(atb).Formula = "= E" & i1
        Primeiro = False
    Else
        TWKS.Range(atb).Formula = "= E" & i1 & "+" & "F" & i2
    End If
End If

' Após tratamento do erro verificar se x2 = xta + 2, caso negativo reiterar a operação (Next)
Next x2

```



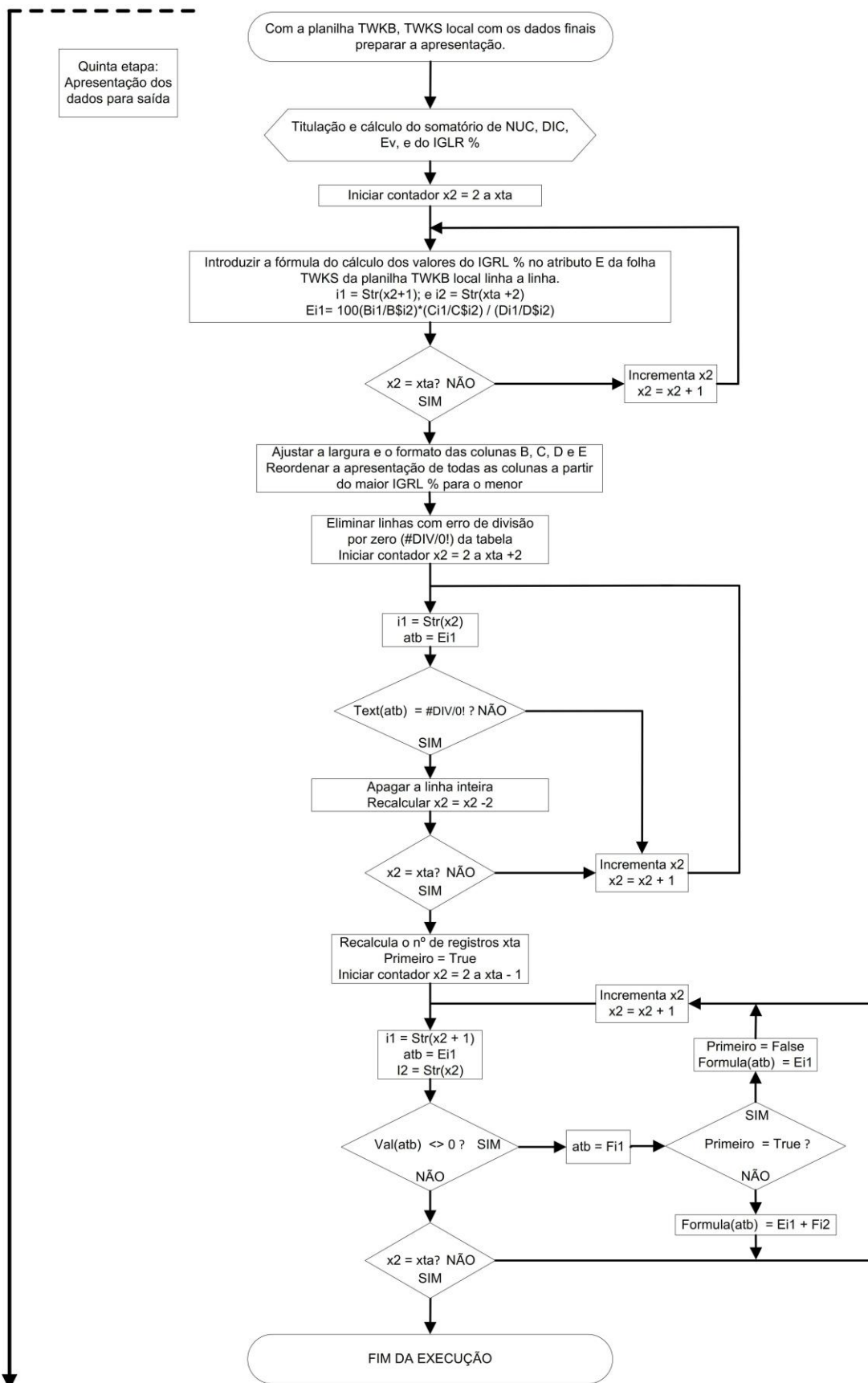
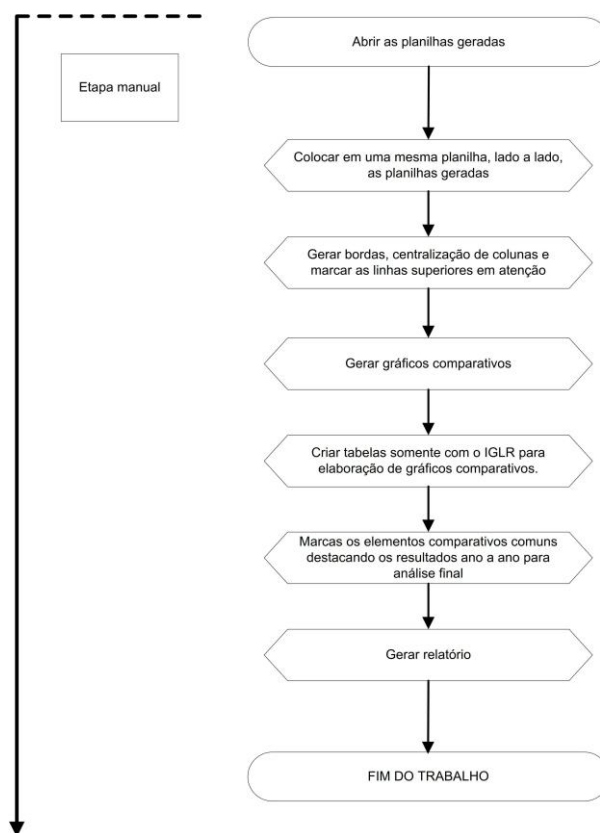


Figura 7- Fluxograma do tratamento final da informação

## 2.7 Processos manuais

Após o processamento pelo computador, os ajustes são feitos manualmente com os resultados obtidos (6ª etapa), Figura 8- Fluxograma da etapa manual final do método, seguindo o esquema abaixo.

- 1 – Abrir as planilhas geradas pelo computador.
- 2 – Copiar e colar os dados posicionando os resultados numa mesma planilha lado a lado.
- 3 - Gerar bordas, sombreamentos, centralizar colunas, marcar as linhas com cores para os maiores índices IGLR.
- 4 - Gerar gráficos comparativos.
- 5 - Criar tabelas somente com o IGLR para elaboração de gráficos comparativos.
- 6 - Marcar os elementos comparativos comuns destacando os resultados ano-a-ano para análise final.
- 7 - Gerar relatório com os resultados obtidos.



**Figura 8- Fluxograma da etapa manual final do método**

## Capítulo 3 - Apresentação do Problema

### 3.1 Indicadores e Planejamento

“Fatos são coisas teimosas; e quaisquer que sejam os nossos desejos, as nossas inclinações, ou os ditames da nossa paixão, eles não podem alterar o estado dos fatos e as evidências” [92]. A lógica aos fatos resiste ao tempo, e uma forma de medida [31][32] para comparação, avaliação e determinação de melhores caminhos a serem tomados é atualmente uma constante em todos os níveis da administração pública ou privada. Considerando que o total de consumidores ( $NUC_T$ ) afetados no período de três anos (2017, 2016 e 2014) é igual a 126.315.674; que foram dispersos por consumidor o total de 346.622.415,30 minutos ( $DIC_T$ ) no mesmo período; estabelecendo que o total é correspondente a perda média de 2,74 minutos por consumidor; entretanto, recalculando, o mesmo tempo para o número de eventos registrados, a média aumenta para 454,71 minutos ou sete horas e cinquenta e sete minutos médio gasto por registro de ocorrência ou evento, que é significativo; e a significância aumenta com a observada a duração total,  $DIC_T$ , para os mesmos três anos isoladamente e sem estabelecimento de médias, que equivalem a 6.413.088 horas, ou 106.885 dias, ou 15.269 semanas, ou 3.448 meses, ou o tempo equivalente de 287 anos de interrupções; e observa-se que esses números representam prejuízos grandes para as concessionárias de serviços de distribuição de energia e para a população. As medições da energia distribuída servem aos mais diversos propósitos, econômicos e para a qualidade [5][8][10][37][90][93][94], hoje refletindo em desempenho, o indicador da eficiência nos resultados que busca a realização do máximo com o mínimo de recursos econômicos e materiais disponíveis. Dentro desse ambiente, encontram-se os serviços de eletricidade, terceirizados para empresas e regulamentado [1.3.13] por meio do PRODIST Revisão 13, Resolução Normativa nº 956/2021 [5], indicando as condições mínimas que devem ser atendidas pelas empresas provedoras de distribuição elétrica à população. Entre os pontos da regulamentação, destaca-se que as concessionárias deixaram de pagar multa pelo descumprimento dos índices coletivos de continuidade (DEC e FEC). Entretanto, passaram a compensar diretamente os consumidores pela interrupção dos serviços que superem limites individuais de Duração de Interrupção por Unidade Consumidora (DIC), Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FIC) e Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC) como descontos nas faturas seguintes ao período de apuração. Além disso, recentes

atualizações do Módulo 8 do PRODIST entre a revisão 12 e 13, da Resolução Normativa nº 956/2021 estabeleceram alterações no formato e de metas.

**Breve histórico:** A Lei nº 9.427, sancionada em 26 de dezembro de 1996 [10], regulamentada pelo Decreto nº 2.335, de outubro de 1997 [93], criou a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, para regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal.

**Evolução da regulamentação:** observou-se que as alterações no PRODIST entre a Revisão 12, Resolução Normativa nº 863/2019 e Resolução Normativa nº 871/2020 [94] e a Revisão 13, Resolução Normativa nº 956/2021 [5] tornaram mais difícil a interpretação do regulamento, porque desde 2008, na Revisão 0, Resolução Normativa nº 345/2008, [11] o PRODIST foi regulamente apresentado como norma técnica, em conformidade às melhores práticas de gestão de qualidade apresentadas neste trabalho. O novo formato do documento na Revisão 13, Resolução Normativa nº 956/2021 [5] assemelha-se a de outros documentos jurídicos, dificultando a rastreabilidade por não apresentar a lista de alterações ou o histórico de revisões, o que torna sua leitura mais difícil. Sobre a qualidade das medições, todas as revisões anteriores demonstraram cuidado com a qualidade da medição, indicando a metodologia para o ensaio, amostragem, incluindo a especificação da classe de incerteza do instrumento aceitável para utilização; entretanto, a mais nova revisão contém uma redução na taxa de amostragem de 26/ 30 a 300/330 amostras para 3/ 4 a 34/37 amostras a partir de 2022. A redução abaixo 13,3% das dimensões da amostragem utilizadas desde 2008 diminui a probabilidade da captura de eventos de qualidade, com menos repetições das medições, para o estabelecimento de médias e também, para com menos janelas de captura de eventos que possam ter maior frequência e menor duração, sabendo-se, pelo Teorema de Nyquist [95], que a taxa de amostragem deve ser duas vezes maior que a frequência mais alta a ser capturada, que significa que para uma frequência amostral mais reduzida é possível que não sejam capturados diversos eventos de qualidade com maior frequência, que anteriormente seriam facilmente observados dentro do espaço amostral do grande conjunto de unidades consumidoras; e os novos valores relativos podem se tornar tão pequenos que não produzirão informações úteis ao registro de eventos de qualidade, consequentemente contribuindo negativamente na qualidade de energia fornecida em todo o sistema de distribuição nacional. A continuidade do estudo pode avaliar, em futuros relatórios, se a nova metodologia causou impacto no registro de falhas do sistema ou multas, que representam perdas às concessionárias

de energia e danos aos consumidores; e ser tornaram mais complexa a manutenção das redes de distribuição, com orçamentos limitados nas empresas, mas com constantes aumentos de tarifa autorizados. Nesse ponto em diante surge à necessidade da programação e planejamento das atividades de manutenção anuais, e a necessidade da construção dos indicadores sugeridos que guiem as decisões de forma técnica e eficiente para uma redução de custo das empresas concessionárias de energia.

### **3.2 Aplicação das soluções propostas**

O método desenvolvido, devido à ausência de informações financeiras que contemplassem os custos de mão de obra ou os custos materiais, procurou identificar oportunidades que afetam diretamente a logística da manutenção programada, como o planejamento de compras consolidadas em maior volume, a previsão das datas, períodos e condições climáticas em que as equipes de manutenção devem ser reforçadas, identificar os locais de maior peso para investimentos que resultem na redução das interrupções, as causas de maior peso e os tipos de instalação que podem ter impacto na redução dos custos financeiros da empresa, sendo apresentada a análise dos dados resultantes suficientes para expor a proposta.

## Capítulo 4 - Análise dos dados

### 4.1 Clusters

A formação dos clusters, no método proposto, utiliza a concentração, em um mesmo objeto contido numa mesma classe ou atributo, do agrupamento de todos os consumidores afetados, da duração total das interrupções (somando-se todas as interrupções que afetaram o conjunto de consumidores contidos no “*cluster*”); e do número total de ocorrências de interrupções para esse grupo selecionado. A análise prossegue sobre os clusters que foram utilizados no problema.

#### 4.1.1 Dia da semana

A primeira tentativa de aplicação do algoritmo foi na determinação dos dias da semana mais críticos em 2017, 2016 e 2014, representados na Tabela 17 – Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2017, na Tabela 18 – Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2016 e na Tabela 19 - Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2014 das interrupções relacionadas ao dia da semana no mesmo período.

**Tabela 17 – Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2017**

Interrupções em 2017 (dia da semana)					
CD	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA%
D4	6.387.977	17.525.121,06	38.055	16,054034	16,054034
D5	6.458.505	17.258.890,46	38.866	15,651161	31,705196
D2	6.383.966	18.216.417,09	40.901	15,516406	47,221602
D3	6.086.205	17.905.027,66	38.489	15,450996	62,672598
D6	5.624.422	17.355.445,23	37.952	14,036232	76,70883
D7	5.591.657	14.097.618,6	35.630	12,073745	88,782575
D1	5.921.636	11.006.357,26	32.754	10,859067	99,641642
Total	42.454.368	113.364.877,36	262.647	99,641642	

**Tabela 18 – Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2016**

Interrupções em 2016 (semana)					
CD	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA%
D4	7.758.572	22.238.300,69	41.122	19,348517	19,348517

Interrupções em 2016 (semana)					
CD	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA%
D5	6.260.248	22.195.972,39	41.419	15,47051	34,819027
D6	6.342.434	20.900.522,19	40.447	15,113509	49,932535
D2	5.836.384	21.413.404,81	41.103	14,021503	63,954039
D3	5.716.411	20.914.008,15	39.394	13,994879	77,948918
D7	5.218.163	15.614.378,01	34.448	10,907289	88,856208
D1	5.981.046	12.314.725,72	31.643	10,734029	99,590236
Total	43.113.258	135.591.311,96	269.576	99,590236	

O índice de gravidade local relativo foi utilizado para operar os resultados, ordenando as distribuições do item com maior peso ao menor e, nas três distribuições, foram observados que D4 e D5 permaneceram no topo das maiores classificações para os três anos consecutivos, enquanto D7 e D1 permanecem com menor gravidade pelo mesmo período e sem modificar de posição.

**Tabela 19 - Interrupções relacionadas ao dia da semana - 2014**

Interrupções em 2014 (categoria - semana)					
CDIA	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA%
D5	6.694.025	15.841.902,38	35.580	17,23026	17,23026
D4	6.745.665	15.839.923,85	35.870	17,220652	34,450912
D3	6.248.001	14.830.450,23	34.001	15,754581	50,205493
D2	6.173.563	15.220.454,44	35.249	15,41061	65,616103
D6	5.437.061	15.436.735,87	34.267	14,159461	79,775563
D7	4.382.656	11.688.419,6	28.607	10,351993	90,127556
D1	5.067.077	8.808.339,61	26.493	9,739205	99,866762
Total	40.748.048	97.666.225,98	230.067	99,866762	

Para avaliar o risco de um resultado ter sido obtido de forma aleatória e que confunda o resultado obtido para planejamento, é possível se avaliar o risco do falso resultado por meio da distribuição binomial. No caso em questão, a categoria possui sete classificações, portanto existe 0,142857 de probabilidade de se obter aleatoriamente um resultado correto uma vez que  $p = 1/7$ . Observando que 4 valores válidos encontrados, representados por  $k$ ;  $X$  é a probabilidade de se obter “ $k$ ” resultados corretos (sucessos) em “ $n$ ” repetições; (3) sendo os 3 anos com os resultados corretos; a probabilidade de sucesso  $p = 1/7$ ; e a probabilidade de outro resultado (insucesso) é  $q = 6/7$ , teremos:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k} \quad \text{onde:} \quad \binom{n}{k} = \frac{n!}{k! (n - k)!} \quad (1)$$

$$P(X = k): \text{probabilidade de se obter "k" sucessos em "n" repetições} \quad (2)$$

$$p: \text{probabilidade de se obter sucessos numa única tentativa} \quad (3)$$

$$(1 - p): \text{probabilidade de fracasso numa única tentativa} \quad (4)$$

$$n: \text{número de repetições} \quad (5)$$

$$k: \text{número de sucessos em "n" repetições (qualquer inteiro entre 0 e n)} \quad (6)$$

$$n = 3: \text{repetições do resultado em 3 anos consecutivos} \quad (7)$$

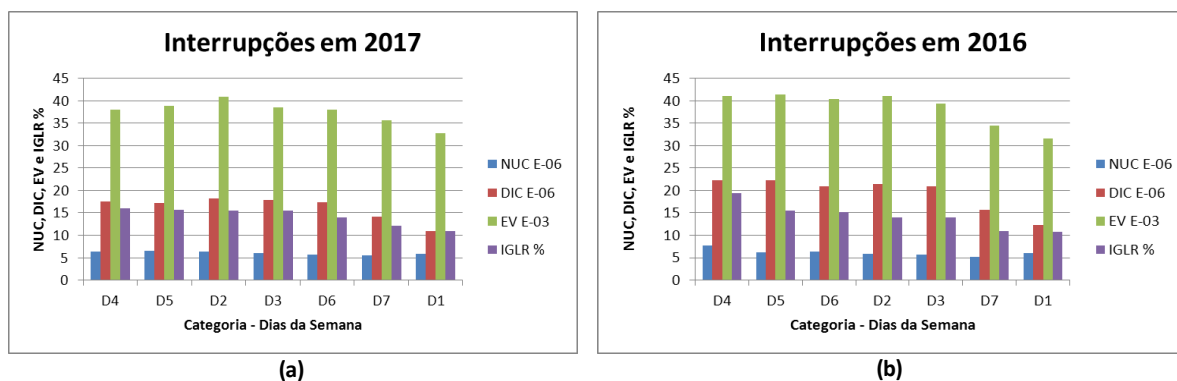
$$p = \frac{1}{7}: \text{probabilidade de acerto em um só ano a qualquer momento} \quad (8)$$

$$k = 3: \text{número de sucessos em três vezes (2014, 2016 e 2017)} \quad (9)$$

$$P(X = 3) = \binom{3}{3} \frac{1^3}{7} \left(1 - \frac{1}{7}\right)^{3-3} e \binom{3}{3} = \frac{3!}{3! (3 - 3)!} \quad (10)$$

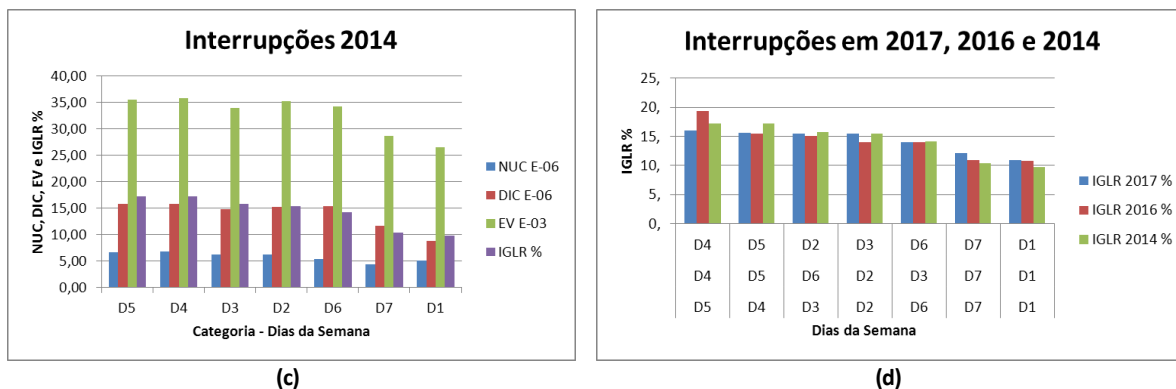
$$P(X = 3) = 0,002915 \quad (11)$$

Para que o resultado obtido para um dia da semana escolhido na sorte coincidissem com os resultados no ano seguinte, a probabilidade calculada foi muito pequena, indicando que as posições observadas para D7 e D1; D4 e D5 não são frutos de sorte, mas de uma classificação correta de posições avaliando o peso (gravidade) dos parâmetros disponíveis. A Figura 9 e a Figura 10 apresentam os gráficos de 2017(a), 2016(b), 2014(c) e IGLR(d), por dia da semana, feitos dos dados da Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19, que mostram o comportamento das distribuições classificadas por semana.



**Figura 9 - Gráficos por dia da semana - 2017(a), 2016(b) das Tabela 17**





**Figura 10 - Gráficos por dia da semana - 2014(c) e IGLR (d) das Tabela 17 e Tabela 19**

As cores nas tabelas Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19 indicam que D4 e D5 se encontram nas duas primeiras colocações para o mesmo período (2017, 2016 e 2014).

### 4.1.2 Mês

A aplicação do algoritmo na categoria Mês indicou os meses que foram mais críticos em 2014, 2016 e 2017, representados na Figura 11 – Interrupções relacionadas ao mês em 2017, 2016 e 2014; na Figura 12 – Gráficos por mês - 2017(a), 2016(b) da Figura 11; e na Figura 13 – Gráficos por mês - 2014(c) e IGLR(d) da Figura 11. A soma dos índices de gravidade local relativo mostram o desvio do resultado do valor ideal (100) e mais cores foram utilizadas nas tabelas, considerando que as máximas classificações oscilaram pelas cinco posições (das doze possíveis para os meses), demonstrando que outros fatores podem determinar alterações nos resultados (e.g. chuvas, ventos, elevadas temperaturas) que podem oscilar em sazonalidade. Os resultados demonstram que, entre 2014 e 2016, sessenta e um (61) % dos resultados se repetiram na faixa dos cinco meses com maiores problemas, dentro de um conjunto de 25% das classificações possíveis para o *dataset* de 12 meses; e que, de 2016 a 2017, os resultados representativos da faixa de cinco meses aumentaram para 80% de repetição no conjunto de 33,3% no conjunto total de meses. A probabilidade da “sorte”, na repetição dos resultados nesta categoria, reduz-se a 0,083, calculada pela distribuição binomial.

Interrupções em 2017 (categoria - mês)						Interrupções em 2016 (categoria - mês)						Interrupções em 2014 (categoria - mês)					
CM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %
M01	6.896.774	23.730.148,68	35.299	25,302043	25,302043	M02	5.751.115	18.154.490,35	28.596	16,83718	16,83718	M01	5.608.806	13.672.321,68	27.303	16,236987	16,236987
M03	4.684.278	12.221.944,15	23.618	13,228524	38,530567	M12	5.560.694	15.886.503,72	30.497	13,357917	30,195096	M12	4.808.381	11.557.618,64	23.273	13,804414	30,041401
M12	5.025.745	9.609.506,85	26.944	9,781625	48,312192	M08	5.801.951	10.576.815,52	24.789	11,415856	41,610953	M02	4.537.478	8.263.518,34	20.296	10,680023	40,721424
M02	3.346.823	11.306.755,18	21.313	9,689418	58,00161	M11	4.400.448	13.886.706,82	26.764	10,528916	52,139868	M09	3.500.689	9.722.874,30	19.043	10,332751	51,054174
M08	3.450.471	8.112.522,11	20.623	7,407198	65,408809	M03	3.212.264	14.838.215,11	22.210	9,896528	62,036396	M11	3.309.956	9.408.308,59	19.222	9,365658	60,419833
M08	3.944.663	7.720.440,93	23.443	7,089414	72,498223	M01	3.435.536	11.363.481,19	24.191	7,442016	69,478412	M10	3.499.932	8.412.971,29	18.845	9,032667	69,452499
M10	3.647.507	7.871.771,16	23.189	6,757065	79,255288	M04	2.903.611	8.879.133,47	18.255	6,512769	75,991182	M08	3.131.286	8.170.076,16	18.027	8,204054	77,656553
M11	2.575.033	8.199.635,74	17.981	6,408185	85,663474	M10	2.937.997	9.434.131,69	22.328	5,724558	81,71574	M03	3.115.005	7.122.046,86	19.492	6,579764	84,236317
M04	2.176.009	7.122.409,97	18.010	4,696188	90,359662	M05	2.603.935	8.619.782,35	18.388	5,62899	87,34473	M04	2.742.328	5.848.497,94	17.208	5,38811	89,624427
M06	2.282.460	6.035.754,54	17.362	4,330186	94,689848	M06	2.201.371	8.387.137,79	17.114	4,975011	92,31974	M07	2.514.895	5.505.001,57	16.332	4,900507	94,524934
M09	2.318.586	5.601.666,55	17.598	4,027622	98,717469	M09	2.517.450	8.493.321,67	20.129	4,898406	97,218146	M06	2.020.011	4.993.803,45	15.707	3,712744	98,237679
M07	2.106.019	5.832.321,50	17.267	3,882026	102,599495	M07	1.786.886	7.071.592,28	16.315	3,571622	100,789768	M05	1.959.281	4.989.187,16	15.319	3,68892	101,926598
Total	42.454.368	113.364.877,36	262.647	102,599495		Total	43.113.258	135.591.311,96	269.576	100,789768		Total	40.748.048	97.666.225,98	230.067	101,926598	

Figura 11 – Interrupções relacionadas ao mês em 2017, 2016 e 2014.

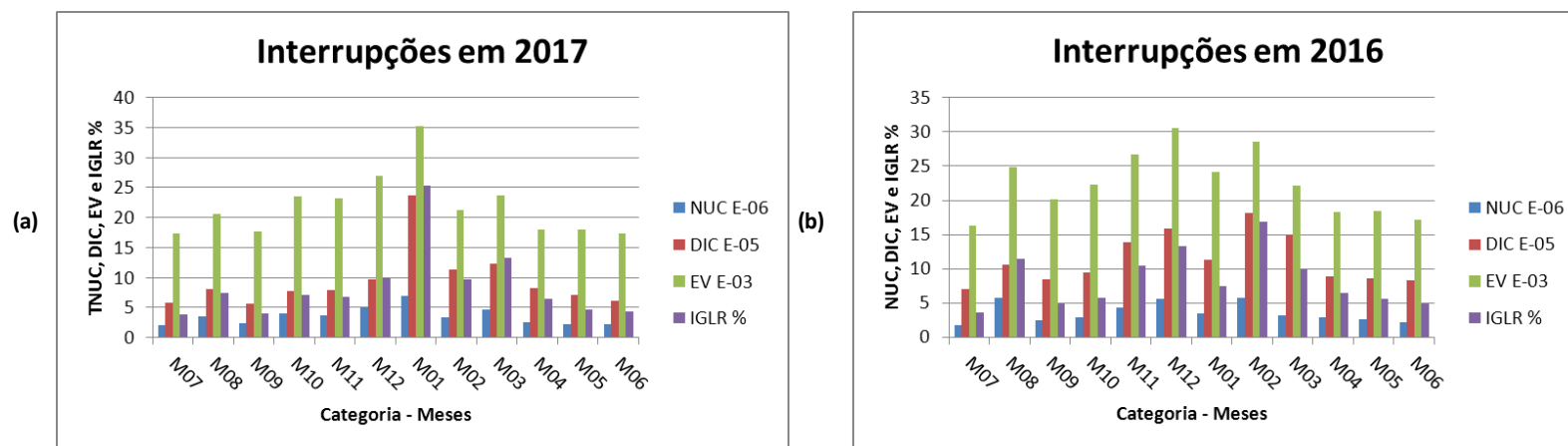


Figura 12 – Gráficos por mês - 2017(a), 2016(b) da Figura 11

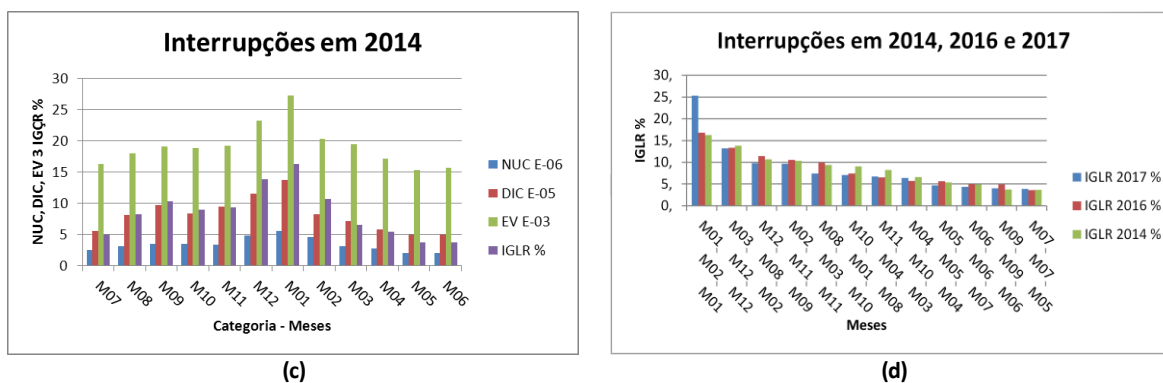


Figura 13 – Gráficos por mês - 2014(c) e IGLR(d) da Figura 11

### 4.1.3 Município

A aplicação do algoritmo na categoria Municípios indicou as cidades mais críticas em 2014, 2016 e 2017, representadas na Figura 14 – Interrupções relacionadas ao município afetado - 2017, 2016 e 2014, Figura 15 - Gráficos por município - 2017 (a)(b), 2016(c), 2014(d) e IGLR (e) da Figura 14 e na Figura 15 - Gráficos por município - 2017 (a)(b), 2016(c), 2014(d) e IGLR (e) da Figura 14. A soma dos índices de gravidade local mostram o desvio do resultado do valor ideal (100) e mais cores foram utilizadas nas tabelas, considerando que as máximas classificações oscilaram pouco para as cinco máximas posições selecionadas sobre os 38 municípios atendidos, demonstrando que não ocorreram fatores que influenciassem de forma significativa e determinassem alterações nos resultados, não ocorrem sazonalidades para esses períodos. Foi identificado, desta forma, que as cidades C04, C03, C10, C08 e C01 exigem maior planejamento e atenção, uma vez que sozinhas representam aproximadamente 80%, de acordo com a análise de Pareto [96], sobre a relação 20/80, não seria suficiente para solução do problema de gerenciamento, porque é insuficiente e toda a atenção para manutenção estaria voltada somente a cinco cidades, não permitindo o cumprimento de forma correta do contrato de prestação de serviços. Os resultados obtidos demonstram que, entre 2017 e 2014, permaneceram sem alteração na lista de classificação máxima as cidades C04 e C03, servidas pela prestação de serviços, mas que sozinha ocupam aproximadamente 69,90 % do peso de toda a demanda por serviço, dentro de um conjunto de 5,26 % das classificações possíveis para o conjunto de 38 cidades; as demais cidades, C01, C08 e C10 alternaram em pequeno valor suas posições na lista das maiores classificações. A probabilidade da “sorte”, na repetição dos resultados nesta categoria, reduz-se a 0,00033646, calculada pela distribuição

binomial. Durante a geração dos gráficos da Figura 14 – Interrupções relacionadas ao município afetado - 2017, 2016 e 2014 C04 foi removido no gráfico (b), cujo peso sozinho (IGLR 61,9%) não permitia a observação do comportamento e da participação das demais cidades no espaço amostral total das interrupções do fornecimento de energia ocorridos em 2017, 2016 e 2014.

CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %
C04	23.045.215	62.570.270,73	126.731	61,962286	61,962286	C04	23.538.250	5.799.920.413,00	133.890	64,413621	64,413621	C04	23.044.039	55.230.998,45	122.480	60,073015	60,073015
C03	2.951.718	10.242.975,62	20.730	7,942609	69,904895	C03	2.679.873	1.000.531.620,00	20.301	8,343673	72,757294	C03	2.871.245	11.065.573,71	18.904	9,716136	69,789152
C10	1.477.419	8.155.371,31	13.177	4,979576	74,884471	C08	1.452.445	486.554.111,00	10.015	4,457687	77,214981	C10	1.764.645	5.396.673,93	10.499	5,243711	75,032862
C08	1.188.111	5.423.767,61	9.562	3,67004	78,554512	C10	1.585.414	599.942.819,00	13.564	4,429905	81,644886	C01	1.244.432	6.209.255,70	9.911	4,507091	79,539953
C01	1.162.622	5.077.660,86	9.828	3,271136	81,825648	C01	1.290.821	509.652.400,00	9.769	4,254217	85,899103	C08	1.304.835	4.833.646,02	9.248	3,942627	83,482581
C20	1.411.907	2.027.513,67	7.582	2,056116	83,881764	C22	1.104.657	109.010.273,00	3.950	1,925872	87,824975	C02	653.775	2.208.278,80	3.871	2,156067	85,638647
C02	523.940	2.309.904,98	3.871	1,702605	85,584369	C02	586.551	178.919.653,00	3.852	1,721104	89,546079	C22	935.016	940.154,88	2.950	1,72266	87,361307
C22	761.142	1.427.382,41	3.837	1,541969	87,126338	C17	459.952	167.346.044,00	3.391	1,433936	90,980015	C17	481.949	1.780.657,94	3.040	1,631966	88,993273
C13	768.162	1.291.762,24	3.759	1,437555	88,563894	C32	647.509	64.869.457,00	1.964	1,351059	92,331074	C13	640.543	1.526.750,60	3.632	1,556588	90,549861
C21	538.096	2.420.355,32	5.618	1,262463	89,826356	C21	693.530	173.277.979,00	5.735	1,323747	93,654821	C27	714.995	970.416,13	2.647	1,51534	92,065202
C07	937.041	1.354.869,20	6.113	1,131001	90,957358	C27	693.289	84.665.541,00	2.882	1,286639	94,94146	C32	453.952	654.842,99	1.498	1,147198	93,2124
C17	338.676	1.933.804,45	3.260	1,094059	92,051417	C13	589.413	126.595.613,00	3.734	1,26239	96,20385	C21	622.269	1.389.297,91	4.484	1,11458	94,326979
C32	470.321	725.620,25	1.919	0,968479	93,019896	C20	1.155.484	111.745.580,00	7.433	1,097387	97,301237	C20	952.577	838.776,63	5.513	0,837841	95,16482
C27	560.116	906.292,61	2.894	0,955233	93,975129	C07	854.451	83.618.681,00	6.066	0,744077	98,045314	C14	701.402	449.655,73	3.112	0,585883	95,750703
C16	771.375	1.096.188,39	5.652	0,814723	94,789853	C14	575.943	48.401.681,00	4.263	0,413099	98,458413	C16	620.121	532.770,50	3.433	0,556347	96,30705
C14	676.482	1.039.452,55	4.957	0,772509	95,562361	C16	587.992	54.746.189,00	5.473	0,37156	98,829973	C07	676.651	603.464,61	4.599	0,513282	96,820332
C05	878.068	532.130,80	3.747	0,679085	96,241447	C18	663.294	19.758.820,00	2.660	0,311254	99,141227	C05	414.813	252.531,61	1.901	0,318558	97,138891
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C34	331	2.491,21	69	0,000065	100,112123	C34	386	290.496,00	78	0,000091	101,457441	C34	141	2.680,60	30	0,000073	99,443842
C36	20	792,89	20	0,000004	100,112127	C35	1	1.379,00	1	0,0000001	101,4574411	C35	1	50	1	0	99,443842
Total	42.454.368	113.602.677,79	262.647	100,112127	61,962286	Total	43.113.258	9.897.846.830,00	269.576	101,457439	202,9148801	Total	40.748.048	97.666.225,98	230.067	99,975784	52,484474

**Figura 14 – Interrupções relacionadas ao município afetado - 2017, 2016 e 2014**

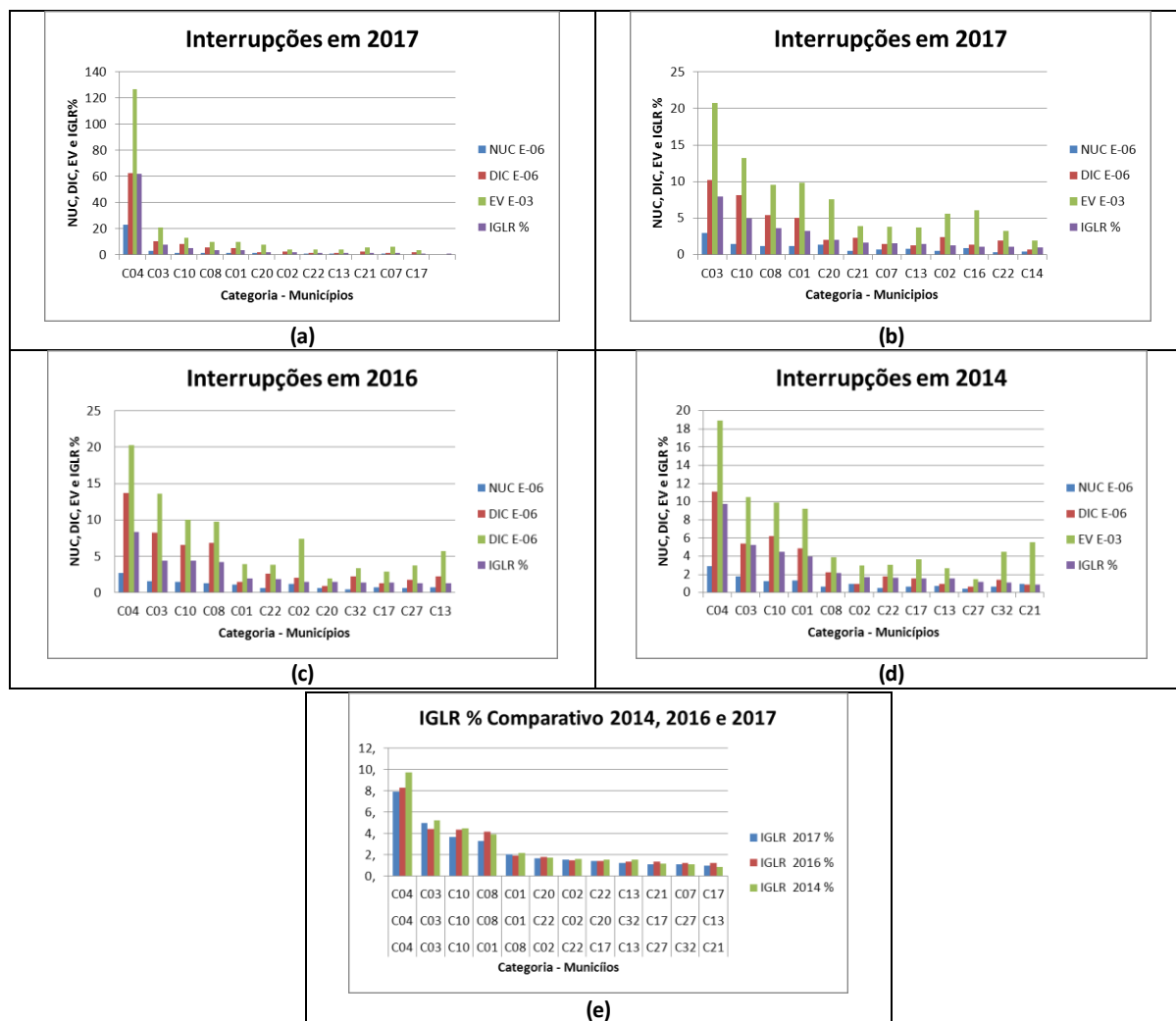


Figura 15 - Gráficos por município - 2017 (a)(b), 2016(c), 2014(d) e IGLR (e) da Figura 14

#### 4.1.4 Causa

O conhecimento das causas mais frequentes para as interrupções de energia elétrica são importantes para o planejamento estratégico da manutenção das redes de distribuição elétrica. A categoria “Causa” desdobrou-se em particularidades que foram definidas além da Tabela 22 – Lista de Fatos Geradores para 2022, 2017, 2016 e 2014 do Anexo A, que apresenta as falhas descritas nas revisões do Módulo 8, PRODIST rev.4[1], rev.7[2], rev.8[3] e rev.13[5], aprovadas nas Resoluções Normativas nº 469/2011, nº 664/2015, nº 728/2016 e nº 956/2021, respectivamente, vigentes de 2014 a 2022, sendo 39 descrições em 2014, mas em registro 98 para 2014 e 2016; e 101 descrições em registro para 2017, o que demonstra que os detalhes contidos na documentação proposta não atenderam completamente as necessidades da empresa. Sobre a Figura 16 – Interrupções relacionadas à causa - 2017, 2016 e 2014, observa-

se fatos que foram detalhados no item 4.1.7, **Subestação**, que indicam que foram observadas 189 novas “descrições do *label* de subestação” além das utilizadas em 2014 e 2016; e que o indicador proporcionado pelo somatório dos índices IGRL aponta à normalização da distribuição, indicando melhoria contínua nos processos e mesmo nos registro dos eventos. As causas são apresentadas identificadas por meio de cores, na Figura 16 – Interrupções relacionadas à causa - 2017, 2016 e 2014, indicando elementos comuns entre os anos de 2017, 2016 e 2014. A soma dos índices de gravidade local relativos de 2017 demonstram um desvio pequeno (0,21) do resultado do valor ideal (100), e a lista de classificação das causas mais importantes oscilaram entre as dezessete posições mais relevantes entre as noventa e nove causas possíveis, representando 79,2% dos resultados de 2017 (com valor acumulado máximo de 100,21%); 68,5% de 2016, para o acumulado máximo de 41,63%; e 64,08% em 2014, para o acumulado máximo de 44,74%. Entre as 17 causas de maior IGLR selecionadas, 70,59% se repetiram em posições diferentes na mesma faixa de classificação; e foi registrada, nos três períodos, a participação de 29,41% de causas diferenciadas dentro do topo da lista de classificações. Desta forma as causas mais frequentes foram CS05, CS01, CS09, CS12, CS10, CS11, CS08, CS07, CS19, CS28, CS26 e CS39. Observa-se na Figura 17 - Gráficos por causa - 2017(a), 2016(b), 2014(c), (d) e IGLR (e) da Figura 16 que a para a causa CS10 que os valores de EV e DIC foram elevados, mas resultaram em um baixo valor para o IGLR %. Revendo os dados para compreensão do gráfico, que o índice aponta para a existência de discrepâncias na distribuição das variáveis, o que não resulta em um somatório próximo a 100%. Em detalhes 16.000 consumidores foram afetados, entre os aproximadamente 42,4 milhões de consumidores em 2016 pela causa CS10 e responsáveis por um DIC de 14,3 milhões de minutos, equivalentes a 10,51% do DIC total de 113.3 milhões de minutos de todo o ano, que ocorreu somente em 2,9% dos eventos ocorridos no mesmo período. O peso do “*outlier*” na distribuição conduziu ao afastamento do somatório do IGLR, que corrige o “peso” ou “importância” e não alterou assim a composição de causas anuais, porque o pequeno impacto sobre a população correspondeu apenas a 0,0377% de todo o NUC de 2016. A causa CS10 também afetou 16.945 dos 40,7 milhões consumidores afetados em 2014, e foi responsável pelo DIC de 9,6 milhões de minutos, 9,82% dos 97.7 milhões de minutos do ano inteiro, e ocorreu em somente 2,6% dos eventos de 2014. A probabilidade da “sorte”, na repetição dos resultados nesta categoria, reduz-se a 0,000206936, calculada pela distribuição binomial. A Figura 17 - Gráficos por causa - 2017(a), 2016(b), 2014(c), (d) e IGLR (e) da Figura 16.

2017						2016						2014					
CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %
CS02	5.927.086,00	16.591.655,31	39.034,00	13,75	13,75	CS05	4.223.851,00	3.761.243,81	18.604	3,937969	3,937969	CS01	2.451.738	953.898,16	4.650	2,907544	2,907544
CS10	4.008.279,00	11.565.669,05	26.852,00	9,42	23,17	CS01	3.386.191,00	1.564.226,29	7.161	3,410954	7,348923	CS12	2.928.429	1.308.469,66	8.474	2,614045	5,521588
CS05	3.602.367,00	8.994.925,36	20.257,00	8,73	31,90	CS09	3.861.486,00	1.695.571,49	8.975	3,364144	10,713067	CS09	2.452.072	669.978,34	4.247	2,236222	7,75781
CS04	3.566.898,00	9.763.493,00	23.772,00	7,99	39,89	CS11	2.018.813,00	2.023.106,2	7.748	2,430881	13,143948	CS05	2.252.075	1.361.898,45	7.954	2,22918	9,98699
CS08	2.155.782,00	6.172.920,23	12.948,00	5,61	45,50	CS07	730.956,00	4.263.616,25	8.077	1,779335	14,923283	CS20	1.752.811	792.780,09	4.047	1,984987	11,971977
CS24	2.474.021,00	6.773.610,95	16.329,00	5,60	51,10	CS12	2.109.021,00	1.258.710,97	7.076	1,730046	16,653329	CS19	884.003	2.582.487,57	7.685	1,71732	13,689297
CS09	1.677.123,00	3.693.852,78	7.670,00	4,41	55,51	CS08	564.230,00	7.910.021,48	13.040	1,578319	18,231648	CS17	807.072	1.252.603,22	3.476	1,681315	15,370612
CS12	1.595.901,00	3.895.361,05	9.102,00	3,73	59,24	CS43	1.346.350,00	829.322,27	3.508	1,467778	19,699426	CS07	638.086	2.154.606,26	4.868	1,632675	17,003287
CS21	1.689.221,00	4.564.587,19	11.404,00	3,69	62,93	CS10	453.133,00	20.323.562,8	30.879	1,375311	21,074736	CS28	1.189.734	810.705,96	3.522	1,583168	18,586455
CS07	1.406.964,00	3.929.799,92	8.768,00	3,44	66,37	CS17	869.662,00	1.551.146,54	5.197	1,196986	22,271723	CS11	1.075.301	994.250,42	4.108	1,504522	20,090977
CS01	1.165.107,00	3.094.624,85	6.753,00	2,91	69,28	CS19	696.443,00	1.103.375,11	3.124	1,134322	23,406044	CS43	1.030.095	565.558,97	2.357	1,42889	21,519867
CS11	936.584,00	2.509.810,73	5.233,00	2,45	71,73	CS55	881.814,00	502.459,24	1.986	1,028815	24,434859	CS26	1.060.154	629.231,81	2.852	1,352176	22,872043
CS06	934.411,00	2.646.334,54	5.992,00	2,25	73,99	CS26	954.557,00	951.542,29	4.697	0,89176	25,326619	CS39	3.144.355	332.768,86	4.498	1,344801	24,216843
CS19	663.051,00	1.512.647,52	3.766,00	1,45	75,44	CS28	1.066.361,00	529.430,06	3.095	0,841183	26,167802	CS08	452.322	4.690.986,08	9.911	1,237649	25,454492
CS28	618.313,00	1.446.605,37	3.686,00	1,32	76,76	CS18	571.140,00	439.241,5	1.404	0,823981	26,991783	CS10	382.259	14.167.884,04	25.679	1,219236	26,673728
CS26	621.801,00	1.348.626,33	3.473,00	1,32	78,08	CS39	2.064.897,00	261.390,84	3.154	0,789161	27,780944	CS55	707.584	480.366,68	1.830	1,073749	27,747477
CS39	559.673,00	1.431.669,87	3.371,00	1,30	79,38	CS31	908.977,00	293.017,21	1.678	0,731969	28,512913	CS32	952.279	302.607,15	1.906	0,874025	28,621502
CS20	562.156,00	1.727.229,95	4.173,00	1,27	80,65	CS37	266.874,00	1.195.718,74	2.035	0,723118	29,236032	CS31	735.776	256.786,04	1.292	0,845391	29,466893
CS43	567.798,00	1.471.514,29	3.622,00	1,26	81,91	CS73	1.864.898,00	92.961,61	1.156	0,691575	29,927607	CS06	300.873	2.836.370,39	6.610	0,746359	30,213252
CS17	507.003,00	1.265.892,87	2.823,00	1,24	83,15	CS32	950.686,00	340.591,99	2.335	0,639474	30,567081	CS30	561.998	379.326,12	1.690	0,729229	30,942481
---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----
---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----
CS97	3,00	4.383,17	3,00	0,00	100,22	CS87	15.374,00	58,62	32	0,00013	41,633466	CSX3	432	4.029,12	14	0,000719	44,743143
CS98	15,00	207,06	4,00	0,00	100,22	CS96	63,00	3.330,98	8	0,000121	41,633587	CS96	30	3.338,	5	0,000116	44,743259
CS96	1,00	302,88	1,00	0,00	100,22	CSX3	109,00	338,13	3	0,000057	41,633643	CSX2	28	628,02	4	0,000025	44,743285
						CSX2	2,00	1.635,51	2	0,000008	41,633651						
	42.454.368,00	113.364.877,36	262.647,00	100,22			43.113.258,00	135.591.311,96	269.576	41,633651			40.748.048	97.666.225,98	230.067	44,743285	

Figura 16 – Interrupções relacionadas à causa - 2017, 2016 e 2014

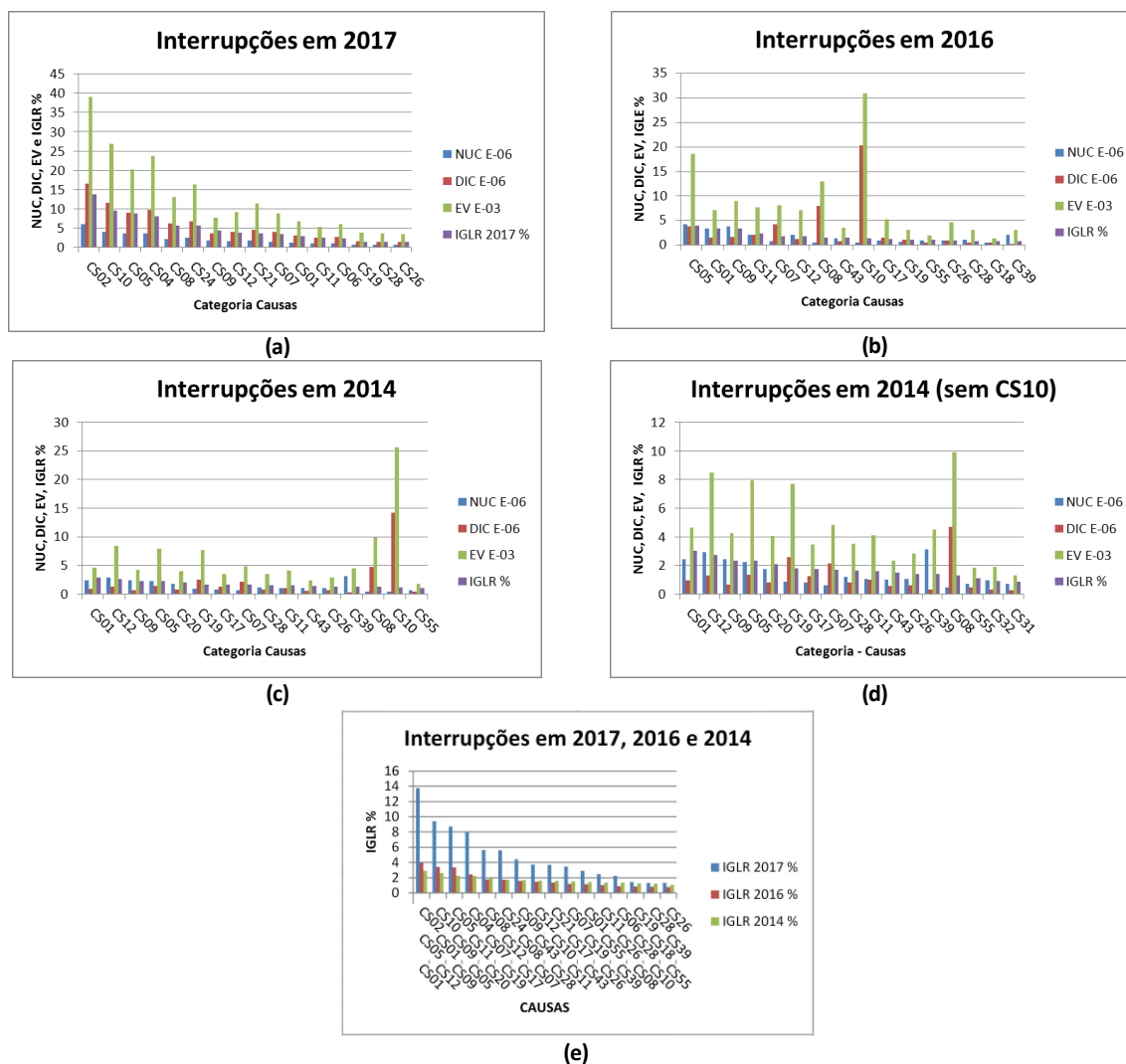


Figura 17 - Gráficos por causa - 2017(a), 2016(b), 2014(c), (d) e IGLR (e) da Figura 16

### 4.1.5 Causa-Raiz

A classificação da Causa-Raiz parte da definição da Tabela 19 - – Lista de Fatos Geradores para 2022, 2017, 2016 e 2014, do ANEXO II das revisões do Módulo 8, PRODIST rev.4[1], rev.7[2], rev.8[3] e rev.13[5], aprovadas nas Resoluções Normativas nº 469/2011, nº 664/2015, nº 728/2016 e nº 956/2021, respectivamente, vigentes de 2014 a 2022, apresenta três classes distintas (origem, tipo, causa e detalhe), sendo as oito causas-raiz: alterações, manutenções, meio ambiente, terceiros, falhas operacionais, programadas e não programadas, próprias do sistema, alívio de carga e não classificadas. Os registros não foram organizados conforme as descrições do PRODIST, mas puderam ser extraídos da informação (não dado) salva, chamadas para distinguir do campo original “causa”, de “causa raiz”, aproximadas as causas



relacionadas no PRODIST, doze distintas, sendo elas: meio ambiente, ações de terceiros, clientes, programadas (as demais são consideradas não programadas), falhas em equipamentos, falhas humanas, fenômenos naturais, geração, indeterminadas (não classificadas), operacionais, sistemas interligados, e transmissão. Codificadas em CCR, as causas foram submetidas ao processo resultando na Figura 18 – Interrupções relacionadas a causa-raiz - 2017, 2016 e 2014.

Observa-se que os resultados da soma % obtidos deveriam ser sempre iguais a 100%. A partir de 2017 (100,139%) os resultados da soma foram melhores que em 2016 (64,604%) e 2014 (65,665%), mais próximos do valor ideal indicando melhoria de processos na coleta de dados utilizada para a determinação dos IGLR %. Comparando os resultados das cinco mais importantes classificações (*rank*), observamos CR01 no topo da lista, em 2017, 2016 e 2014, crescendo em importância CR02 (6ª posição em 2014; 2º lugar em 2016 e 2017). CR12, sobre causas indeterminadas apresenta posição variável é um campo de interesse para planejamentos futuros e melhor determinação de ações de controle para melhor registro dos eventos e identificação de causas; CR03, fenômenos naturais, necessita de um campo auxiliar para detalhamento e melhor compreensão do fenômeno para a busca de soluções; e sobre CR05 (6ª posição em 2017 e 2016), as ações programadas no planejamento anual ocupa destaque em comparação a outras causas raízes classificadas e de menor relevância.

2017						2016						2014						
CCR	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CCR	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CCR	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	
CR01	27.607.359	76.462.568,1	177.681	64,834221	64,834221	CR01	13.303.151	115.931.045,5	181.835	39,112444	39,112444	CR01	11.342.220	79.249.131,4	153.815	33,782906	33,782906	
CR02	4.940.390	12.650.084,36	28.179	12,103211	76,937432	CR02	7.031.112	6.532.409,25	29.751	7,119246	46,23169	CR12	6.956.787	4.223.726,09	20.657	8,22319	42,006096	
CR12	2.818.625	6.839.678,44	16.239	6,478661	83,416093	CR03	4.831.771	4.026.246,88	16.067	5,583546	51,815237	CR05	4.659.161	2.983.017,24	13.160	6,105352	48,111448	
CR03	2.268.843	5.293.488,22	11.122	5,892981	89,309074	CR12	4.870.361	2.623.476,92	13.354	4,412302	56,227538	CR03	3.361.264	2.997.446,28	9.904	5,880937	53,992384	
CR05	2.341.688	5.968.877,02	14.868	5,130275	94,439349	CR05	4.032.128	2.163.714,21	12.712	3,164889	59,392427	CR02	4.016.326	3.551.683,74	15.466	5,331978	59,324363	
CR06	939.509	2.658.593,4	6.307	2,161233	96,600582	CR06	2.769.580	1.848.759,5	7.725	3,056568	62,448995	CR06	2.280.917	1.748.044,28	6.731	3,424407	62,74877	
CR09	558.942	899.912,66	2.195	1,250559	97,851141	CR10	1.546.802	258.095,13	2.214	0,831525	63,280519	CR10	2.168.001	298.994,25	2.463	1,521462	64,270232	
CR10	464.479	1.130.195,86	2.612	1,096777	98,947917	CR09	2.486.946	96.621,12	1.809	0,612545	63,893064	CR09	5.666.187	77.714,26	2.712	0,938653	65,208885	
CR04	457.434	1.189.107,15	2.815	1,05449	100,002408	CR11	2.052.736	40.651,8	934	0,412007	64,305071	CR07	275.709	115.883,16	471	0,392151	65,601036	
CR11	35.064	157.345,6	378	0,079652	100,08206	CR07	182.463	126.133,7	381	0,27856	64,583631	CR04	21.476	2.420.585,28	4.688	0,064105	65,66514	
CR07	20.529	111.224,07	246	0,050653	100,132712	CR04	6.208	1.944.268,16	2.794	0,019921	64,603553							
CR08	1.506	3.802,48	5	0,00625	100,138963						64,603553							65,66514
	42.454.368	113.364.877,36	262.647	100,138963			43.113.258	135.591.422,17	269.576	64,603553			40.748.048	97.666.225,98	230.067	65,66514		

**Figura 18 – Interrupções relacionadas a causa-raiz - 2017, 2016 e 2014.**

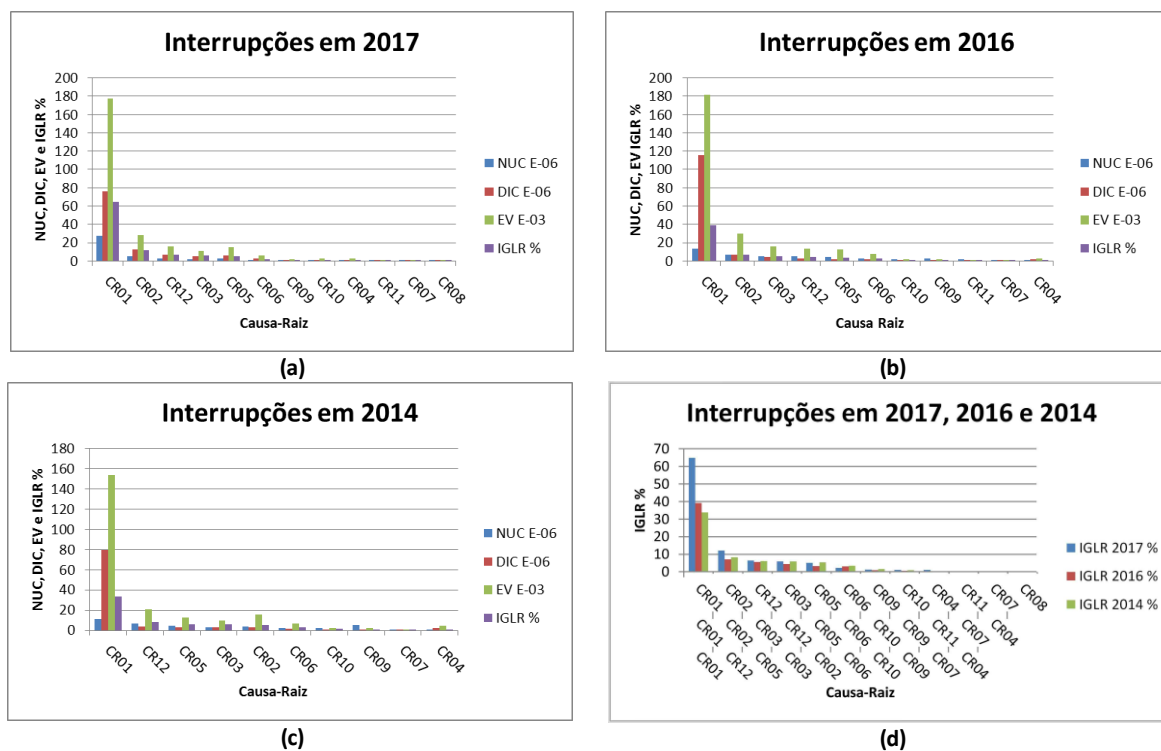


Figura 19 - Gráficos por causa raiz - 2017(a), 2016(b), 2014(c), (d) e IGLR (e) da Figura 18

## 4.1.6 Sub Causa Raiz

No momento da criação da classificação Causa Raiz, na etapa de retrabalho das planilhas de registro, partindo das informações apresentadas no item 4.1.4 foram extraídos os itens apresentados em 4.1.5 resultando na tabela auxiliar ‘Sub Causa Raiz’. Conforme apresentado em 4.1.5 os registros fornecidos não discriminaram causa e detalhe e não seguiram a lista apresentada no ANEXO II, para a classificação da Sub Causa-Raiz parte da definição da Tabela 19 – Lista de Fatos Geradores para 2022, 2017, 2016 e 2014, das revisões do Módulo 8, PRODIST rev.4[1], rev.7[2], rev.8[3] e rev.13[5], aprovadas nas Resoluções Normativas nº 469/2011, nº 664/2015, nº 728/2016 e nº 956/202,1 respectivamente, vigentes de 2014 a 2022. Com o nome “Causa” em uso, foi aplicada a informação, a nomenclatura Causa-Raiz refere-se ao item Causa, e Sub Causa Raiz ao Detalhamento, sugeridos no PRODIST. O estudo resultante, apresentado na Figura 20 – Interrupções relacionadas às Sub Causas-Raízes - 2017, 2016 e 2014. e Figura 21, provaram ser infrutífero, uma vez que o resultado correspondeu aos mesmos resultados do item 4.1.4, somente com as classificações diferentes, conforme criadas e contidas na tabela auxiliar durante a etapa de classificação e codificação dos dados.

2017						2016						2014					
CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CC	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %
SCR75	5.927.086,00	16.591.655,31	39.034,00	13,75	13,75	SCR35	4.223.851,00	3.761.243,81	18.604	3,937969	3,937969	SCR80	2.451.738	953.898,16	4.650	2,907544	2,907544
SCR18	4.008.279,00	11.565.669,05	26.852,00	9,42	23,17	SCR80	3.386.191,00	1.564.226,29	7.161	3,410954	7,348923	SCR05	2.928.429	1.308.469,66	8.474	2,614045	5,521588
SCR35	3.602.367,00	8.994.925,36	20.257,00	8,73	31,90	SCR91	3.861.486,00	1.695.571,49	8.975	3,364144	10,713067	SCR91	2.452.072	669.978,34	4.247	2,236222	7,75781
SCR29	3.566.898,00	9.763.493,00	23.772,00	7,99	39,89	SCR73	2.018.813,00	2.023.106,2	7.748	2,430881	13,143948	SCR35	2.252.075	1.361.898,45	7.954	2,22918	9,98699
SCR78	2.155.782,00	6.172.920,23	12.948,00	5,61	45,50	SCR93	730.956,00	4.263.616,25	8.077	1,779335	14,923283	SCR56	1.752.811	792.780,09	4.047	1,984987	11,971977
SCR51	2.474.021,00	6.773.610,95	16.329,00	5,60	51,10	SCR05	2.109.021,00	1.258.710,97	7.076	1,730046	16,653329	SCR52	884.003	2.582.487,57	7.685	1,71732	13,689297
SCR91	1.677.123,00	3.693.852,78	7.670,00	4,41	55,51	SCR78	564.230,00	7.910.021,48	13.040	1,578319	18,231648	SCR97	807.072	1.252.603,22	3.476	1,681315	15,370612
SCR05	1.595.901,00	3.895.361,05	9.102,00	3,73	59,24	SCR20	1.346.350,00	829.322,27	3.508	1,467778	19,699426	SCR93	638.086	2.154.606,26	4.868	1,632675	17,003287
SCR87	1.689.221,00	4.564.587,19	11.404,00	3,69	62,93	SCR18	453.133,00	20.323.562,8	30.879	1,375311	21,074736	SCR46	1.189.734	810.705,96	3.522	1,583168	18,586455
SCR93	1.406.964,00	3.929.799,92	8.768,00	3,44	66,37	SCR97	869.662,00	1.551.146,54	5.197	1,196986	22,271723	SCR73	1.075.301	994.250,42	4.108	1,504522	20,090977
SCR80	1.165.107,00	3.094.624,85	6.753,00	2,91	69,28	SCR52	696.443,00	1.103.375,11	3.124	1,134322	23,406044	SCR20	1.030.095	565.558,97	2.357	1,42889	21,519867
SCR73	936.584,00	2.509.810,73	5.233,00	2,45	71,73	SCR01	881.814,00	502.459,24	1.986	1,028815	24,434859	SCR30	1.060.154	629.231,81	2.852	1,352176	22,872043
SCR34	934.411,00	2.646.334,54	5.992,00	2,25	73,99	SCR30	954.557,00	951.542,29	4.697	0,89176	25,326619	SCR85	3.144.355	332.768,86	4.498	1,344801	24,216843
SCR52	663.051,00	1.512.647,52	3.766,00	1,45	75,44	SCR46	1.066.361,00	529.430,06	3.095	0,841183	26,167802	SCR78	452.322	4.690.986,08	9.911	1,237649	25,454492
SCR46	618.313,00	1.446.605,37	3.686,00	1,32	76,76	SCR41	571.140,00	439.241,5	1.404	0,823981	26,991783	SCR18	382.259	14.167.884,04	25.679	1,219236	26,673728
SCR30	621.801,00	1.348.626,33	3.473,00	1,32	78,08	SCR85	2.064.897,00	261.390,84	3.154	0,789161	27,780944	SCR01	707.584	480.366,68	1.830	1,073749	27,747477
SCR85	559.673,00	1.431.669,87	3.371,00	1,30	79,38	SCR17	908.977,00	293.017,21	1.678	0,731969	28,512913	SCR11	952.279	302.607,15	1.906	0,874025	28,621502
SCR56	562.156,00	1.727.229,95	4.173,00	1,27	80,65	SCR71	266.874,00	1.195.718,74	2.035	0,723118	29,236032	SCR17	735.776	256.786,04	1.292	0,845391	29,466893
---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----
---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----
CS97	3,00	4.383,17	3,00	0,00	100,22	CS87	15.374,00	58,62	32	0,00013	41,633466	CSX3	432	4.029,12	14	0,000719	44,74314346
SCR65	15,00	207,06	4,00	0,00	100,22	SCR25	63,00	3.330,98	8	0,000121	41,633587	SCR25	30	3.338,	5	0,000116	44,743259
SCR25	1,00	302,88	1,00	0,00	100,22	CSX3	109,00	338,13	3	0,000057	41,633643	CSX2	28	628,02	4	0,000025	44,743285
						CSX2	2,00	1.635,51	2	0,000008	41,633651						
	42.454.368,00	113.364.877,36	262.647,00	100,22			43.113.258,00	135.591.311,96	269.576	41,633651			40.748.048	97.666.225,98	230.067	44,743285	

Figura 20 – Interrupções relacionadas às Sub Causas-Raízes - 2017, 2016 e 2014.

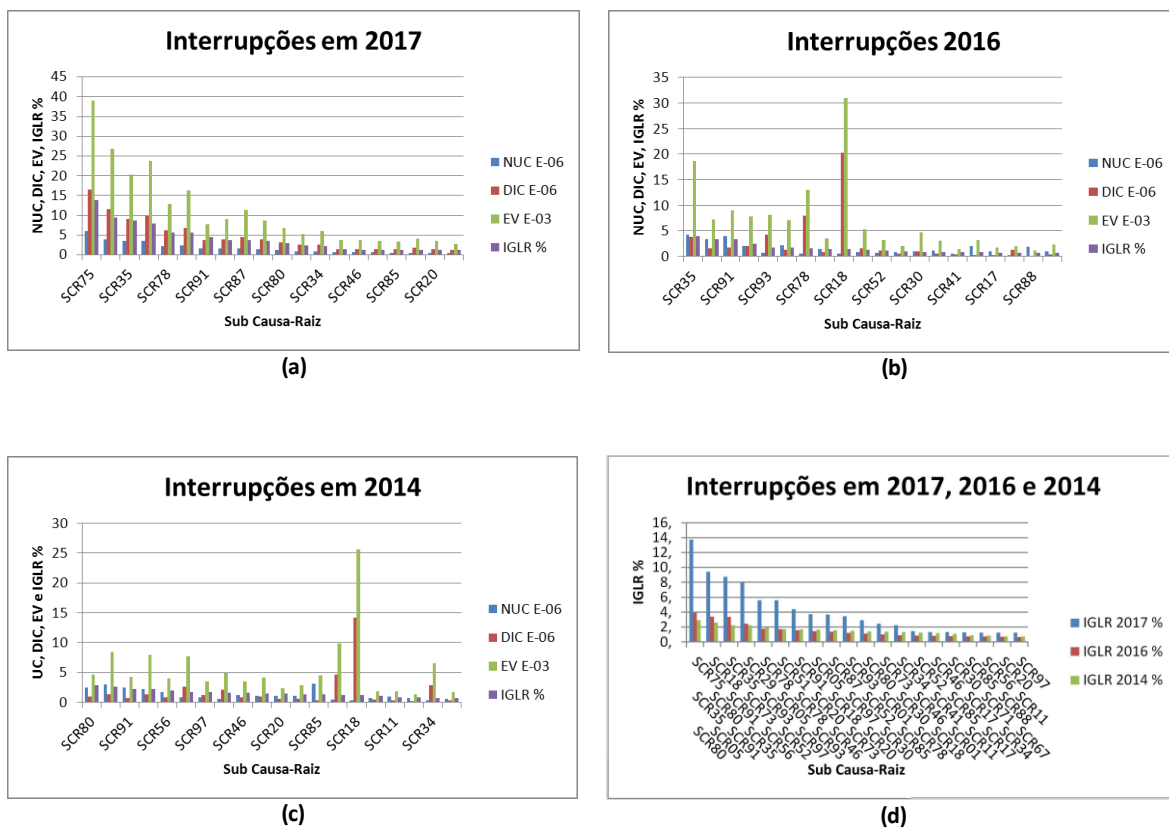


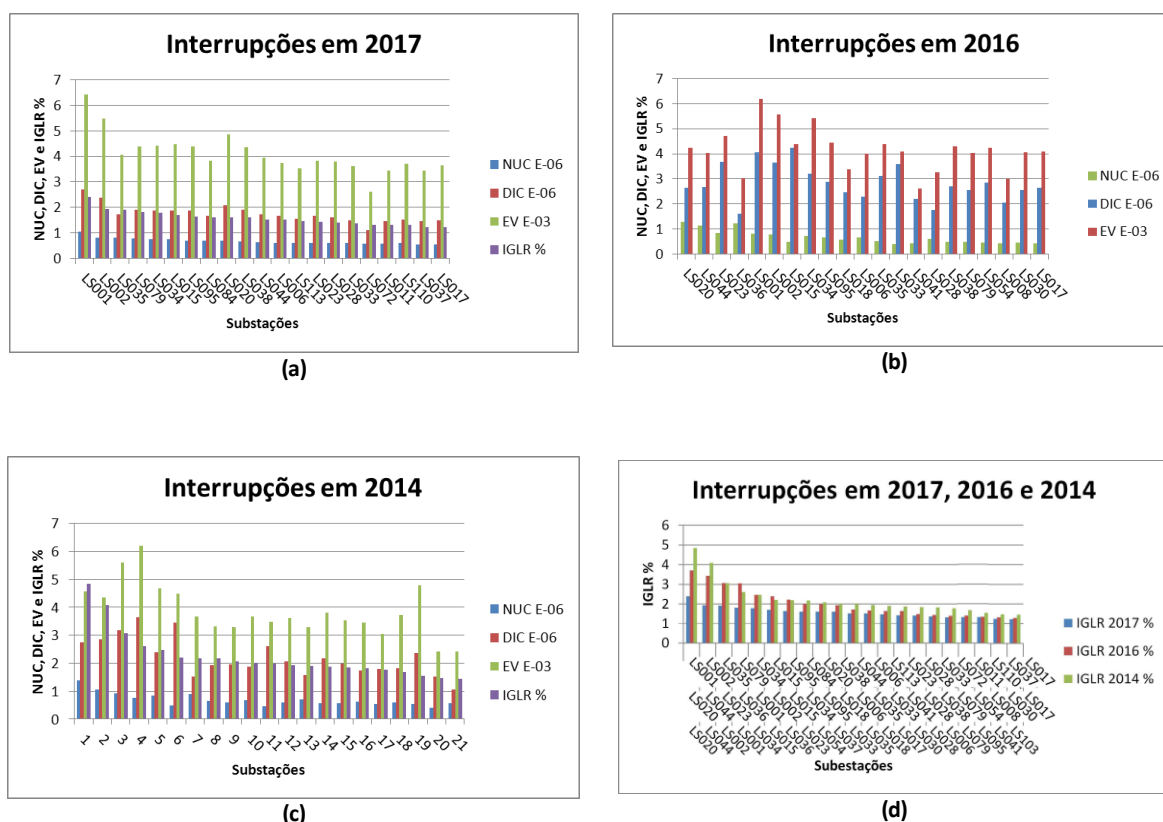
Figura 21 - Gráficos por sub causa raiz - 2017(a), 2016(b), 2014(c) e IGLR (d) da Figura 20

### 4.1.7 Subestação

Reconhecer as subestações elétricas que dispõem maior atenção pode indicar a necessidade de manutenção, de modernização, ou de ampliação de recursos em pontos de maior vulnerabilidade do sistema de distribuição elétrico, e, devido ao grande número de usuários afetados por problemas nas subestações, os índices e resultados obtidos com o IGLR demonstraram-se fortes para os três anos em análise (2017, 2016 e 2014).

2017						2016						2014						
CLS	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CLS	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CLS	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	
LS001	1.041.899	2.712.132,8	6.435	2,396401	2,396401	LS020	1.283.851	2.654.277,82	4.245	3,701849	3,701849	LS020	1.389.846	2.757.633,09	4.574	4,844084	4,844084	
LS002	816.603	2.375.411,34	5.479	1,932057	4,328459	LS044	1.127.158	2.665.341,	4.043	3,426646	7,128495	LS044	1.071.241	2.867.403,39	4.340	4,091579	8,935663	
LS035	822.874	1.740.393,81	4.072	1,919308	6,247767	LS023	850.751	3.682.174,98	4.721	3,059908	10,188403	LS002	931.065	3.176.557,06	5.590	3,058648	11,994311	
LS079	773.236	1.890.522,12	4.398	1,813887	8,061653	LS036	1.233.882	1.623.077,85	3.031	3,04693	13,235333	LS001	764.076	3.646.954,27	6.200	2,598244	14,592555	
LS034	761.686	1.889.000,04	4.421	1,776065	9,837719	LS001	817.356	4.057.737,15	6.186	2,472411	15,707744	LS034	834.709	2.386.446,99	4.675	2,463258	17,055813	
LS015	741.950	1.886.450,6	4.478	1,705719	11,543438	LS002	790.094	3.636.185,92	5.559	2,383217	18,090961	LS015	495.825	3.455.069,38	4.485	2,208144	19,263958	
LS095	704.760	1.872.340,13	4.402	1,635865	13,179303	LS015	499.587	4.254.884,	4.399	2,228334	20,319295	LS036	901.002	1.533.770,24	3.657	2,184569	21,448527	
LS084	678.970	1.669.324,81	3.833	1,613705	14,793008	LS034	734.824	3.211.187,95	5.429	2,004309	22,323604	LS023	652.435	1.915.510,18	3.328	2,170916	23,619443	
LS020	691.266	2.072.716,46	4.847	1,613183	16,406191	LS095	668.640	2.875.143,03	4.457	1,989045	24,312649	LS054	602.528	1.965.669,9	3.298	2,076069	25,695512	
LS038	675.030	1.900.512,44	4.346	1,610926	18,017117	LS018	577.298	2.466.562,03	3.392	1,93585	26,248499	LS037	677.840	1.866.976,37	3.664	1,996711	27,692223	
LS044	636.278	1.722.244,17	3.932	1,520897	19,538014	LS006	648.581	2.289.452,	3.993	1,714873	27,963371	LS033	457.629	2.607.611,6	3.469	1,988643	29,680866	
LS006	617.815	1.673.061,54	3.726	1,513907	21,05192	LS035	506.883	3.128.557,95	4.394	1,664283	29,627655	LS035	589.600	2.057.302,03	3.614	1,940314	31,621181	
LS113	608.319	1.560.054,78	3.521	1,470878	22,522798	LS033	406.536	3.604.547,02	4.104	1,646561	31,274215	LS018	693.159	1.562.511,33	3.284	1,906591	33,527772	
LS023	598.526	1.672.499,2	3.841	1,422251	23,945049	LS041	426.240	2.186.590,3	2.616	1,642931	32,917146	LS017	567.982	2.162.210,63	3.801	1,867839	35,395611	
LS028	605.063	1.615.454,22	3.784	1,409664	25,354713	LS028	595.030	1.767.420,13	3.255	1,48992	34,407067	LS030	568.603	1.970.194,12	3.531	1,834109	37,22972	
LS033	605.057	1.503.548,97	3.632	1,366909	26,721622	LS038	498.021	2.710.400,45	4.314	1,442901	35,849967	LS028	625.215	1.735.287,66	3.449	1,818496	39,048216	
LS072	574.990	1.098.279,65	2.610	1,320396	28,042019	LS079	474.450	2.567.323,	4.032	1,393111	37,243079	LS006	527.349	1.781.695,19	3.058	1,776228	40,824444	
LS011	563.608	1.465.702,53	3.430	1,314318	29,356336	LS054	448.543	2.845.825,03	4.238	1,38895	38,632029	LS079	597.246	1.806.169,72	3.719	1,676835	42,501279	
LS110	592.345	1.508.322,29	3.710	1,314215	30,670552	LS008	426.518	2.050.149,63	3.013	1,338318	39,970347	LS095	542.002	2.354.113,17	4.796	1,537991	44,039269	
LS037	536.939	1.451.831,42	3.432	1,239554	31,910106	LS030	455.911	2.560.450,33	4.061	1,325558	41,295905	LS041	407.319	1.520.953,73	2.421	1,479315	45,518584	
LS017	548.902	1.502.868,25	3.652	1,232697	33,142803	LS017	435.132	2.638.968,53	4.096	1,292798	42,588703	LS103	576.350	1.057.965,25	2.432	1,449435	46,968019	
LS003	520.130	1.324.337,44	3.072	1,22366	34,366463	LS173	2.088	40.748,29	122	0,003216	89,973326	LS150	2.507	11.838,5	82	0,002092	95,06785	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	LS093	163	2.080,74	20	0,000098	95,068748	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS388	1	38,	1	0,	99,854589	LS209	433	25.538,39	66	0,000773	89,978191							
LS238	1	35,	1	0,	99,85459	LS093	483	13.074,54	52	0,00056	89,978751							
LS406	1	29,	1	0,	99,85459		43.113.258	135.592.279,91	269.576	89,978751		40.748.049	97.666.294,98	230.068	95,068748			
LS318	1	25,	1	0,	99,85459													
LS233	1	16,	1	0,	99,85459													
LS395	1	9,6	1	0,	99,85459													
LS330	1	1,	1	0,	99,85459													
LS402	1	,48	1	0,	99,85459													
LS255	1	,	1	0,														
LS307	1	,	1	0,														
LS310	1	,	1	0,														
	42.454.368	113.364.877,36	262.647	99,85459														

Figura 22 – Interrupções relacionadas às Subestações - 2017, 2016 e 2014.



**Figura 23 - Gráficos por subestação - 2017(a), 2016(b), 2014(c) e IGLR (d) da Figura 22**

O somatório do IGLR de 2017 de 99,85% apresentou um desvio do valor ideal de 100% de aproximadamente 0,15 %; o somatório, em 2016, foi de 89,98%, com desvio de 10,02%; e, em 2014, o somatório de 95,07 % e desvio de 4,03%. Os registros em 2017 apresentaram mudanças no detalhamento das descrições dos rótulos (*label*) das subestações, de 204 subestações em 2014 para 207 subestações em 2016; e finalmente 390 rótulos distintos em 2017. Das 20 classificações máximas das subestações geradoras do maior número de interrupções selecionadas na Figura 23, conclui-se que treze rótulos se repetiram em 2017, 2016 e 2014, ou 65% da classificação se manteve durante os três anos consecutivos, apontando-as entre as 20 mais demandadas de atenção, entretanto a sorte de sucesso no acerto de um resultado em 390 em qualquer instante é de 3,33%, e a probabilidade de acerto de 13 em 20 escolhas seria de  $1,58 \text{ E-}29$  (por distribuição binomial); além disso, entre 2014 e 2016, a taxa de repetição foi ainda maior, 18 acertos em 22. Portanto, é possível afirmar que, após a considerável alteração nas classificações dos rótulos das subestações, e acréscimo de 183 novos rótulos, o resultado pode ser considerado válido.

## 4.1.8 Equipamento

A identificação a partir dos dados dos anos anteriores dos problemas recorrentes para reforço em ações de manutenção planejadas exige o conhecimento das partes ou peças afetadas, dos equipamentos que apresentaram mais falhas consequentemente gerando interrupções. Essa informação combinada à das subestações identificadas em 4.1.7, permitem inclusive o planejamento logístico anual para compra em maiores volumes e por menores preços de equipamentos que serão utilizados no decorrer do ano subsequente.

A Figura 24 – Interrupções relacionadas aos equipamentos - 2017, 2016 e 2014, estabelece a lista classificada dos oito equipamentos, identificados a partir dos dados dos anos anteriores dos problemas recorrentes para reforço em ações de manutenção planejadas, exige o conhecimento das partes ou peças afetadas, equipamentos que apresentaram mais falhas e consequentemente geram maior frequência de interrupções. Essa informação combinada à das subestações identificadas em 4.1.7 são elementos importantes para o planejamento de ações estratégicas futuras, inclusive podem indicar problemas de qualidade ou o fim do ciclo do MTBF de materiais e equipamentos previamente utilizados, em uso na rede de distribuição elétrica.

Comparando os resultados, verifica-se que os equipamentos que apresentaram falhas são responsáveis pela interligação ou continuidade da distribuição com as unidades consumidoras, e elementos de proteção da rede, sendo os cinco com maior participação nas interrupções registradas em 2017: E18, Via de equipamento n-vias com proteção; E05, Barramento; E01, Disjuntor; E07, Religador; E03, e Chave fusível MT derivação. Os equipamentos que ficaram na faixa de classificação comum dos oito mais problemáticos em 2017, 2016 e 2014 foram: E05, Barramento; E01, Disjuntor; E07, Religador; E02, Ramal; e E09; e Chave seccionadora MT unipolar. Registra-se também que a lista de vinte e quatro equipamentos em registro em 2014 e 2016 foi ampliada para 35, incluindo a descrição de onze novos equipamentos em 2017. A classificação dos oito equipamentos de maior impacto nas interrupções do fornecimento de energia apresentou 87,5 % de repetitividade entre 2014 e 2016, caindo para 75% entre 2016 e 2017.



2017						2016						2014						
CEQP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CEQP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CEQP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	
E18	19.296.447	52.931.071,2	127.518	43,710732	43,710732	E01	21.285.535	2.862.279,64	25.402	11,060308	11,060308	E37	4.876.196	57.440.098,72	98.025	16,518195	16,518195	
E05	7.633.565	21.267.080,34	45.390	19,518509	63,229241	E04	2.007.721	86.241.633,99	116.097	6,877615	17,937923	E01	20.249.214	2.321.611,15	22.618	12,015631	28,533826	
E01	4.197.730	9.686.220,58	21.622	10,262296	73,491537	E07	9.603.540	2.491.150,4	19.653	5,613594	23,551517	E07	7.337.907	1.488.872,97	13.221	4,777148	33,310973	
E07	3.223.132	7.935.035,68	18.193	7,671746	81,163283	E05	2.811.902	18.229.586,11	51.188	4,61793	28,169447	E05	2.329.695	12.618.684,03	36.859	4,610762	37,921735	
E03	2.172.707	6.049.955,56	13.006	5,515452	86,678735	E09	4.557.621	1.069.431,18	8.407	2,673551	30,842998	E09	3.018.716	911.452,3	6.400	2,485303	40,407038	
E02	2.088.472	5.923.822,46	13.150	5,134244	91,812979	E06	1.449.740	875.052,11	4.316	1,355443	32,198441	E06	1.385.140	502.048,5	3.066	1,311204	41,718242	
E09	1.287.362	3.396.831,73	7.816	3,053245	94,866225	E03	639.816	2.745.670,06	13.686	0,591923	32,790364	E03	758.836	1.982.441,28	9.528	0,912745	42,630988	
E06	654.937	1.802.482,15	3.903	1,650606	96,516831	E02	109.188	18.165.811,75	26.176	0,349434	33,139798	E02	167.026	19.730.218,25	37.807	0,503903	43,134891	
E26	487.420	1.100.917,38	3.327	0,880191	97,397022	E12	70.916	83.232,68	275	0,098979	33,238777	E12	102.413	141.265,65	444	0,18837	43,323261	
E13	310.558	701.354,01	1.781	0,667402	98,064424	E13	9.651	2.601.115,25	2.088	0,055442	33,294219	E08	217.353	22.837,94	270	0,106283	43,429543	
E19	286.027	619.427,18	1.898	0,509416	98,57384	E08	256.038	12.415,44	310	0,047287	33,341506	E16	32.870	119.238,57	320	0,070806	43,500349	
E10	106.695	326.683,28	767	0,247997	98,821837	E16	27.650	83.651,34	264	0,040402	33,381908	E15	38.959	40.491,38	207	0,044056	43,544405	
E08	93.205	186.906,6	421	0,225815	99,047652	E15	36.660	40.283,64	242	0,028141	33,41005	E04	16.071	46.272,65	118	0,036432	43,580837	
E15	89.594	251.650,13	632	0,194684	99,242337	E11	102.435	19.627,22	495	0,01873	33,42878	E17	90.903	5.620,17	111	0,026608	43,607445	
E11	89.464	243.567,33	631	0,188456	99,430792	E17	95.176	4.365,7	145	0,013215	33,441994	E11	82.759	19.175,23	374	0,024529	43,631975	
E21	100.309	193.909,33	566	0,18754	99,618332	E10	19.825	48.398,32	738	0,005996	33,44799	E20	13.964	4.238,61	43	0,007957	43,639932	
E28	73.834	162.592,88	457	0,143355	99,761687	E23	24.610	360,	10	0,004086	33,452075	E21	16.927	7.314,4	93	0,007696	43,647628	
E12	55.361	129.113,77	345	0,113065	99,874753	E20	3.696	438,97	5	0,001496	33,453572	E10	8.988	26.650,95	299	0,004631	43,652259	
E35	53.950	74.738,77	209	0,105284	99,980037	E19	865	1.228,09	12	0,000408	33,45398	E13	510	225.365,58	217	0,003062	43,655321	
E17	42.465	107.775,36	253	0,098719	100,078756	E14	456	3.332,53	24	0,000292	33,454272	E22	600	6.137,	7	0,003041	43,658362	
E16	33.694	125.746,21	299	0,07733	100,156086	E21	57	11.797,79	39	0,00008	33,454352	E18	1.301	1.827,71	11	0,00125	43,659612	
E23	20.682	7.922,73	18	0,049678	100,205764	E22	158	219,75	3	0,000053	33,454405	E19	1.364	2.031,94	13	0,001232	43,660845	
E25	16.009	18.339,15	66	0,024276	100,23004	E18	2	230,	1	0,000002	33,454407	E14	242	1.995,	14	0,000199	43,661044	
E14	7.878	10.108,23	20	0,021729	100,251768							E24	94	336,	2	0,000091	43,661135	
E34	9.752	8.834,09	23	0,020441	100,272209		43.113.258	135.591.311,96	269.576	33,454407			40.748.048	97.666.225,98	230.067	43,661135		
E27	13.315	51.711,01	186	0,020201	100,292411													
E29	4.974	4.924,5	15	0,008911	100,301322													
E22	2.747	13.051,81	47	0,004163	100,305485													
E32	1.006	11.222,52	25	0,002464	100,30795													
E31	362	16.900,38	36	0,000927	100,308877													
E33	684	608,48	6	0,000379	100,309256													
E20	18	2.186,05	12	0,000018	100,309274													
E30	11	1.020,05	7	0,000009	100,309282													
E24	1	771,	1	0,000004	100,309286													
E36	1	395,43	1	0,000002	100,309289													
	42.454.368	113.364.877,36	262.647	100,309289														

Figura 24 – Interrupções relacionadas aos equipamentos - 2017, 2016 e 2014.

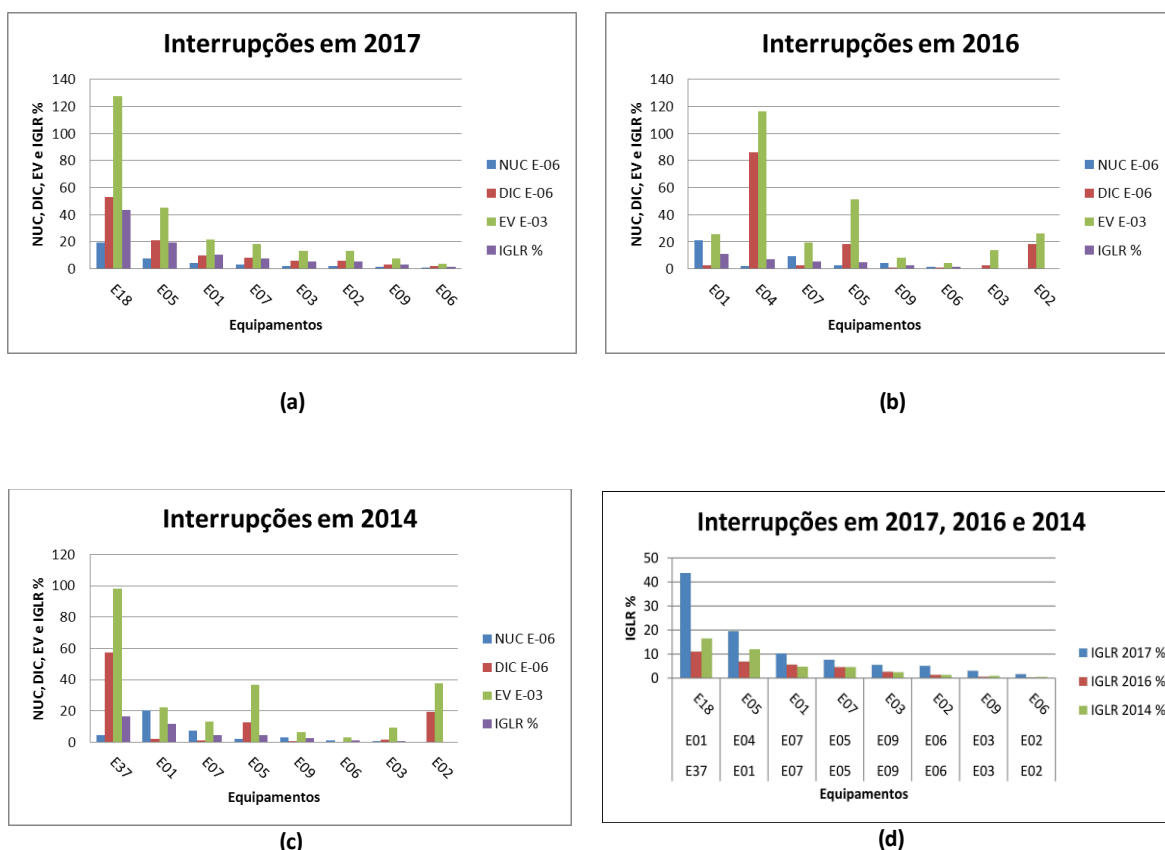


Figura 25 - Gráficos por equipamento - 2017(a), 2016(b), 2014(c) e IGLR (d) da Figura 24

### 4.1.9 Tipo de instalação

A identificação dos tipos de instalação de conjunto com maior impacto nas interrupções dos serviços de eletricidade é tema bastante explorado, desta forma, foi feita a procura para realizar a comparação da metodologia desse estudo com achados anteriores. A relação de tipos de conjunto é pequena e estável, considerando que se repetiram, de 2014 até 2017, na ordem a seguir: com mais de 50% de causa T1, as instalações aéreas, atribui-se que sejam de baixa tensão, já que existe campo específico para os circuitos de média e alta tensão; com mais de 34%, T2, por razões indeterminadas; com mais de 5,8% T5, as instalações aéreas de alta e média tensão; acima de 3,8 % T4, instalações áreas de distribuição de média tensão; acima de 1% as instalações T3, aéreas urbanas; e em último lugar T6, subterrâneas, abaixo de 0,74%. Os dados encontram-se na Figura 26 – Interrupções relacionadas ao tipo de instalação - 2017, 2016 e 2014 e na Figura 27 - Gráficos por tipo de instalação - 2017(a), 2016(b) e 2014 (e) da Figura 26

2017						2016						2014					
CTIP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CTIP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CTIP	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %
T1	19.545.602	49.875.572,34	104.676	50,823125	50,823125	T1	19.153.916	61.632.533,68	107.572	50,606567	50,606567	T1	18.954.483	47.675.097,39	99.734	52,379749	52,379749
T2	13.100.532	47.809.406,49	98.351	34,75322	85,576345	T2	14.654.425	57.077.302,59	103.616	37,22579	87,832357	T2	13.919.706	40.120.534,32	89.202	36,193059	88,572808
T5	4.563.236	6.363.666,31	21.356	7,420479	92,996824	T5	4.132.016	6.956.881,69	21.505	6,164185	93,996542	T5	3.684.723	4.354.109,28	16.012	5,792442	94,36525
T4	4.266.461	7.811.327,3	32.853	5,535911	98,532736	T4	3.843.056	8.103.492,7	31.337	4,582791	98,579333	T4	3.057.851	4.334.609,7	20.179	3,797255	98,162505
T3	514.756	874.428,33	2.484	0,988885	99,52162	T3	834.848	1.026.815,06	2.970	1,331011	99,910344	T3	585.672	564.772,4	2.334	0,819276	98,981781
T6	463.781	630.476,59	2.927	0,545168	100,066789	T6	494.997	794.286,24	2.576	0,703837	100,614181	T6	545.613	617.102,89	2.606	0,746915	99,728696
	42.454.368	113.364.877,36	262.647	100,066789			43.113.258	135.591.311,96	269.576	100,614181		40.748.048	97.666.225,98	230.067	99,728696		

Figura 26 – Interrupções relacionadas ao tipo de instalação - 2017, 2016 e 2014

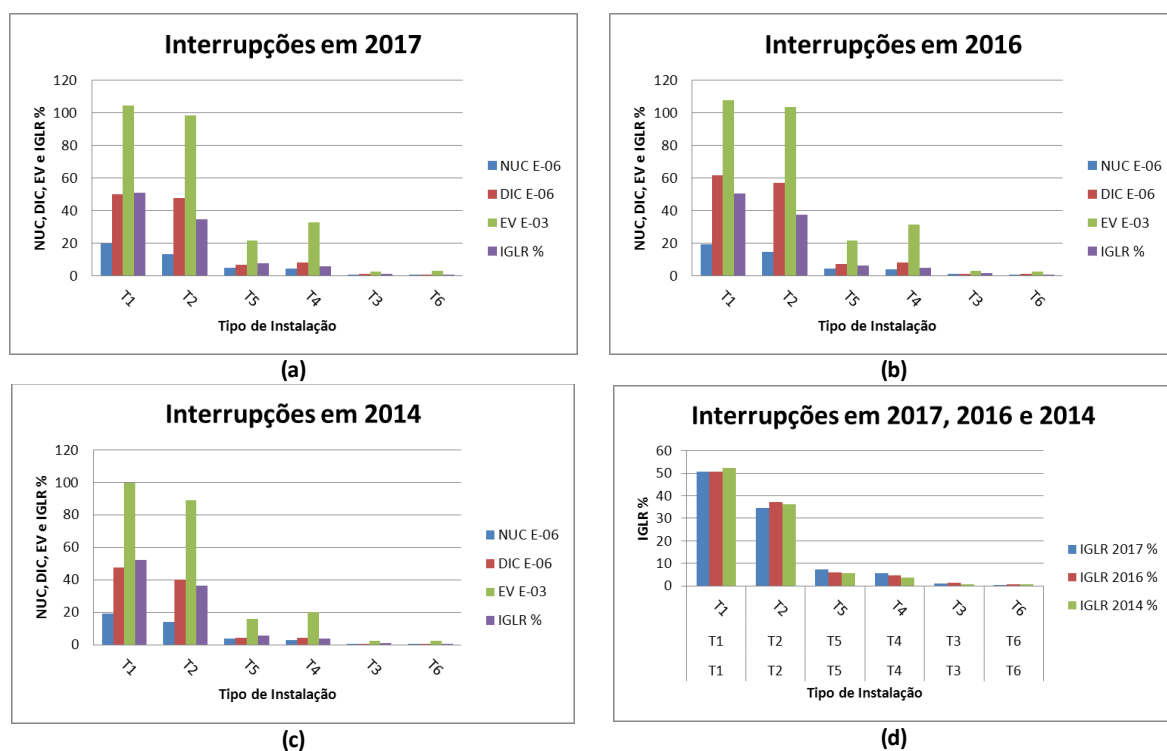


Figura 27 - Gráficos por tipo de instalação - 2017(a), 2016(b) e 2014 (c) da Figura 26

#### 4.1.10 Condição climática

Como último elemento de estudo foi escolhido, para o trabalho, informações sobre as condições climáticas[87] preponderantes na localidade onde foram realizados os registros, identificando-se no dia, a cada período de seis horas, quais foram as condições climáticas no momento da ocorrência da interrupção elétrica e relacionando essas condições às interrupções, ao número de consumidores afetados e à frequência das interrupções, o número de eventos (registros) relacionados para a determinada condição climática. Diversas variáveis foram disponibilizadas, como a direção ou a velocidade dos ventos; a umidade relativa; as temperaturas máximas ou mínimas no momento da ocorrência da falha do sistema; a pressão atmosférica no momento ocorrido; ou simplesmente a descrição das condições do clima para o conjunto de todas as informações disponíveis. Ao utilizar esse parâmetro, confirmou-se que o sistema opera em lógica nebulosa (*fuzzy*) [6], atendendo a descrições relativizadas que passam a ter um peso quantitativo proporcional. Desta forma foi possível analisar condições definidas com terminologias não numéricas, como tempo ensolarado, limpo, neblina, nevoeiro, parcialmente ensolarado, nuvens passageiras, etc. Desta forma, foi definida uma perfeita identidade do que foi utilizado e sua aplicação mais ampla do que a que havia sido intencionada inicialmente. A lista disponibilizada por *Timeanddate.com* possui 51 descritivos e observou-se um grau de repetição elevado nos anos de 2017, 2016, 2014 de 87,5 % em uma seleção das oito condições entre 51 descrições disponíveis, com probabilidades de  $3,16 \times 10^{-12}$  de probabilidade de ocorrência ocasional. As condições climáticas classificadas pelos valores médios do IGLR, considerando-se a dispersão dos valores, chegam a sete condições em 51 classificações com maior incidência: CL06, nuvens passageiras, 28,1%; CL01, tempo ensolarado, 13,4%; CL02, tempo limpo, 12,3%; CL07, nuvens dispersas, 9,3%; CL05, parcialmente ensolarado, 7,5%; e CL08, nuvens fragmentadas, 5,2%.

2017						2016						2014						
CCLIM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CCLIM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	CCLIM	NUC	DIC (min)	EV	IGLR %	SOMA %	
CL06	11.917.676	30.907.851,03	67.750	29,721106	29,721106	CL06	10.961.839	34.813.072,64	69.638	25,270743	25,270743	CL06	11.765.536	28.732.396,94	66.887	29,217629	29,217629	
CL02	5.686.115	11.593.841,42	31.075	11,597002	41,318109	CL01	4.655.510	21.095.494,72	41.102	11,018755	36,289498	CL01	7.343.871	20.236.443,61	47.979	17,906518	47,124147	
CL01	4.796.225	19.013.168,61	43.396	11,487307	52,805416	CL02	5.117.129	13.104.020,16	28.379	10,896132	47,18563	CL02	5.625.906	13.452.696,19	30.232	14,472316	61,596464	
CL07	4.465.273	12.235.059,14	27.101	11,020027	63,825443	CL07	4.423.744	10.908.088,61	20.994	10,599417	57,785047	CL05	2.673.926	7.492.306,58	17.290	6,69843	68,294894	
CL05	2.790.513	10.649.116,18	23.047	7,048506	70,87395	CL05	3.640.124	14.724.957,26	27.830	8,881688	66,666735	CL07	2.667.533	6.284.793,11	15.386	6,299095	74,593989	
CL08	2.343.379	8.886.771,99	19.431	5,858755	76,732704	CL08	2.455.181	11.399.902,15	20.617	6,260337	72,927072	CL04	2.039.567	3.899.731,11	10.480	4,387473	78,981462	
CL10	1.766.436	3.345.495,95	7.904	4,087195	80,819899	CL11	2.279.596	6.951.211,05	14.687	4,975352	77,902423	CL08	1.436.452	5.205.029,95	12.102	3,571579	82,553042	
CL21	1.673.111	2.669.342,44	7.080	3,448337	84,268236	CL10	1.622.286	4.420.773,5	8.868	3,729396	81,63182	CL21	1.106.781	2.018.021,36	4.740	2,724032	85,277074	
CL11	1.518.917	3.952.860,21	9.796	3,350508	87,618744	CL27	1.337.144	2.104.910,4	4.384	2,9606	84,59242	CL10	982.298	1.932.098,96	4.136	2,652743	87,929817	
CL37	619.453	645.888,06	1.282	1,706049	89,324793	CL21	1.282.237	2.911.876,29	5.945	2,896196	87,488615	CL27	1.140.083	1.544.887,63	3.905	2,607447	90,537264	
CL27	739.245	1.180.854,11	3.396	1,405176	90,729969	CL04	744.906	2.664.408,84	5.513	1,660171	89,148786	CL11	1.013.111	2.128.905,23	5.054	2,467069	93,004333	
CL41	702.469	646.417,2	1.941	1,278876	92,008845	CL45	563.016	834.220,07	1.738	1,246207	90,394993	CL36	598.710	292.213,77	839	1,205475	94,209808	
CL04	592.494	1.734.397,68	5.232	1,07369	93,082535	CL42	426.268	532.391,06	932	1,122887	91,51788	CL26	418.167	501.800,47	1.250	0,970452	95,18026	
CL14	393.678	700.070,42	1.853	0,813058	93,895592	CL41	473.289	762.308,76	1.635	1,017602	92,535483	CL16	216.776	264.459,06	615	0,538887	95,719147	
CL09	330.518	1.197.341,54	2.672	0,809637	94,70523	CL30	389.215	565.570,25	1.128	0,899923	93,435406	CL09	199.291	637.680,27	1.374	0,534696	96,253843	
CL46	309.782	515.023,97	1.094	0,797224	95,502454	CL38	346.098	615.624,26	1.142	0,860374	94,29578	CL14	179.760	596.271,12	1.274	0,486374	96,740217	
CL38	207.625	447.949,61	813	0,625363	96,127816	CL46	467.893	623.059,17	1.731	0,776636	95,072416	CL30	158.533	132.531,07	333	0,364751	97,104968	
CL24	245.405	552.427,43	1.390	0,53316	96,660977	CL14	366.129	1.090.343,14	2.512	0,732852	95,805267	CL49	122.473	261.244,2	524	0,352987	97,457955	
CL16	239.439	491.664,38	1.327	0,484961	97,145937	CL16	313.764	1.052.189,56	2.302	0,661348	96,466616	CL18	152.597	253.659,02	759	0,29482	97,752775	
CL36	243.019	217.277,28	887	0,32542	97,471358	CL12	214.535	813.124,85	1.503	0,535223	97,001839	CL51	112.120	341.446,2	894	0,247555	98,00033	
CL45	73.874	226.442,68	319	0,286664	97,758022	CL28	161.150	636.528,33	1.093	0,432779	97,434618	CL15	164.064	61.945,66	250	0,235011	98,23534	
CL32	65.336	233.824,47	322	0,259359	98,01738	CL09	135.464	827.016,11	1.583	0,326359	97,760977	CL38	59.240	167.959,06	254	0,226458	98,461798	
CL23	141.774	140.681,52	482	0,226204	98,243584	CL18	185.987	291.021,68	859	0,290572	98,051549	CL22	151.837	212.244,14	840	0,221788	98,683586	
CL47	86.565	111.804,19	320	0,165335	98,408919	CL49	103.531	358.996,98	595	0,28806	98,339609	CL03	103.302	347.896,69	977	0,212651	98,896237	
CL03	88.023	210.430,11	614	0,164911	98,57383	CL23	136.349	291.141,55	683	0,268024	98,607633	CL24	67.389	249.929,17	534	0,182334	99,078571	
CL42	40.984	244.680,66	337	0,162666	98,736497	CL25	100.532	283.503,31	567	0,231802	98,839435	CL28	53.566	66.502,66	210	0,098065	99,176636	
CL26	79.529	177.637,66	494	0,156332	98,892829	CL22	60.484	497.781,14	599	0,231788	99,071223	CL19	59.560	73.206,51	261	0,096576	99,273211	
CL50	67.341	52.610,41	183	0,105831	98,99866	CL26	67.719	190.758,14	435	0,136944	99,208167	CL17	35.274	131.430,29	288	0,09306	99,366271	
CL22	35.818	118.607,42	300	0,077412	99,076071	CL03	54.073	141.194,63	402	0,087581	99,295748	CL25	54.659	17.224,55	64	0,085042	99,451313	
CL15	49.869	64.947,88	235	0,075343	99,151414	CL20	28.066	85.823,35	180	0,061709	99,357458	CL12	24.858	100.006,52	231	0,062214	99,513526	
CL34	35.047	75.529,19	219	0,066075	99,217489							CL23	20.808	29.264,88	105	0,033527	99,547053	
CL18	19.267	85.966,9	220	0,041156	99,258645		43.113.258	135.591.311,96	269.576	99,357458			40.748.048	97.666.225,98	230.067	99,547053		
CL20	11.918	21.888,62	60	0,023768	99,282413													
	42.376.117	113.347.870,36	262.572	99,282413														

Figura 28 – Interrupções relacionadas a descrição do clima - 2017, 2016 e 2014.

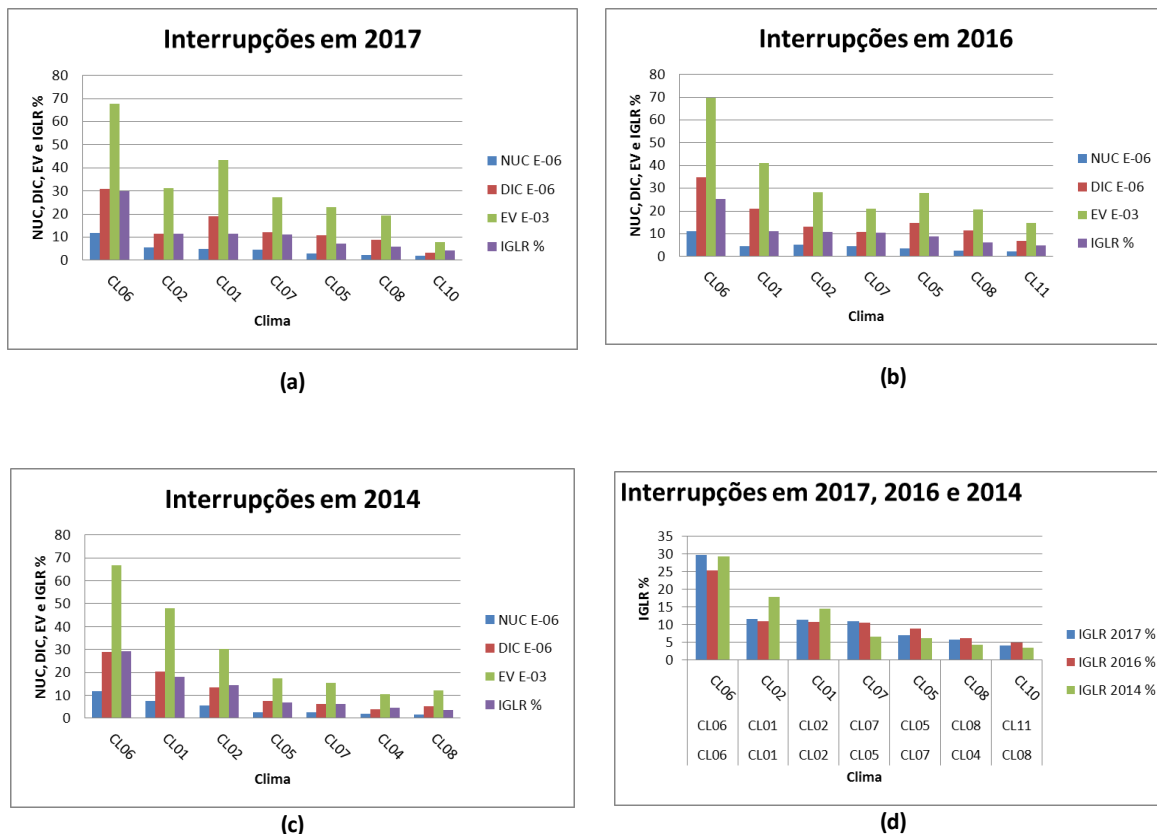


Figura 29 - Gráficos por descrição do clima - 2017,(a) e 2016(b) da Figura 28

## 4.2 Comentários

Muito mais informações e correlações podem ser extraídas pelo método proposto, e a consulta por outras variáveis traria informações importantes, e.g. a condição do tempo. Para a geração das figuras foi utilizado um gerador de arquivos PDF para 1200 DPI para o Excel®, usando seleção da área de impressão e impressão de tela completa. O PDF foi convertido para o formato JPG, reduzindo a resolução para 600 DPI. Por um sistema automático de corte da área de interesse, foi limitado o formato somente dos gráficos e tabelas em formato de imagem, e a qualidade do JPG reduzida para 25% para redução do tamanho final do arquivo.

## 4.3 Conclusões

A solução desenvolvida em metodologia nebulosa[6] surgiu da tentativa da utilização do método de Monte Carlo [4] para a simulação e projeção de valores futuros a partir do conhecimento estatístico de uma base de dados sobre interrupções elétricas de parte do sistema nacional de energia nacional, com dados sobre equipamentos, locais, datas, horas de início, duração, hora da finalização, equipamentos afetados, etc. O tamanho das amostras é consideravelmente grande e representativo de todo o conjunto de serviços de manutenção no período do ano, e após a soma dos elementos classificados, não intencionalmente foram criados *dataset* nebulosos[6]. Os números relativos das pessoas afetadas, duração do evento e frequência conduziu o método à função de pertinência ou fuzzyficador, que foi nomeado no problema com Índice de Gravidade Local Relativo (IGLR) ao objeto classificado. O ordenamento dos resultados, do maior ao menor, correspondeu a defuzzyficação direta da saída, resultando em um Modelo de Previsão Computacional para a Manutenção de Redes Elétricas de Energia bastante simples, porque independe de reiterações computacionais para obtenção da solução, sendo este adquirido em um único cálculo e construído inconscientemente dentro da metodologia nebulosa [6]. O trabalho não reclama ineditismo, considerando não ter sido idealizado na metodologia *fuzzy*, omitida no título do trabalho; e considerando as inúmeras publicações com utilização do método sobre temas correlacionados nos 57 anos da publicação da Teoria em "*Fuzzy Sets*" (1965)[97], do pioneiro da inteligência artificial L.A. Zadeh [6], como proposta à solução da dicotomia entre a capacidade humana de decisão e a lógica clássica, da precisão matemática e de máquina, usando a teoria matemática da imprecisão denominada Teoria do Conjunto ou Lógica Nebulosa (*fuzzy*), onde detalhes não são bem definíveis e claros [98]. Somente com os filtros "Manutenção" (*Maintenance*), "*Fuzzy*" e "Energia" (*Power*) encontram-se disponibilizados no IEEE 706 resultados de 2003 e 2022, abrangendo diversos aspectos da manutenção, podendo somente existir detalhes não explorados em publicações anteriores. A pesquisa à literatura especializada indicou a utilização do método. A lógica nebulosa combina lógica multivalorada, teoria probabilística e inteligência computacional para o processamento o conhecimento humano de representação simbólica (lingüística) [99] e enfrentou resistência, crescendo no mercado comercial antes de ser desenvolver nas universidades [99].

A solução para a identificação das questões críticas e previsão das demandas futuras para a manutenção de redes elétricas de energia, pela metodologia nebulosa, simplifica-se ao se

limitar a totalização de valores, constante para qualquer classificação; a determinação de valores relativos por entidade de classe; a da determinação do “peso” relativo de cada elemento classificado com relação ao seu total, que por regra simples, tem a soma total de todos os valores relativos iguais a 100 %. A função de pertinência relacional IGLR%, dos diversos atributos relativos, calculada para os elementos classificados para um mesmo atributo corresponde aos números relativos das pessoas afetadas dividido pelo inverso dos casos registrados, também relativos, que corresponde à frequência do evento. Essa combinação de regras resultou no indicador experimentado nesse desenvolvimento, que se demonstrou forte, razão para o título índice de gravidade local relativa; ao fim das avaliações, diante da solução do item 4.1.10 (Condição climática), observou-se o silogismo semântico tempo claro ou tempo ensolarado, utilizado com sucesso, que demonstrou a aproximação a simulação ao método Takagi-Sugino[91]. Timothy J. Ross, (*Fuzzy Logic with Engineering Applications*)[89] que esclarece que a percepção humana do sistema nebuloso parte do conhecimento para duas possibilidades, consciente e subconsciente, essa última emprega dados de entrada e saída, cria um método adaptável e estabelece regras com função de pertinência (MF) que, deste modo gera, o sistema definido como nebuloso. Considerando essa possibilidade, observou-se se o modelo obedeceu a regras básicas que classificam a solução como a de um sistema nebuloso de simulação. Em primeiro momento, foram somados todos os valores de todos os elementos pertinentes a cada classe do atributo em estudo (e.g. tipo de instalação, 4.1.9) e, separadamente, a duração para conclusão da manutenção e quantidade de pessoas afetadas para essa mesma classe até que todos os registros fossem distribuídos não admitindo condição nula, visto os campos identificados sem valor terem sido identificados como classe “indeterminada”. A regra para que o objeto seja somado, depois de retirado do conjunto da planilha de registros anual, ocorre por teste da pertinência a cada classe, com valores possíveis falso ou verdadeiro (0 ou 1) e somente com a confirmação da pertinência é que o valor é somado (IF A THEN B). Sendo a pertinência confirmada, os atributos duração, número de consumidores afetados e número de ocorrências em registro pertinentes a classe são somados na linha da matriz associada à classe, que retém ao final das reiterações o tempo total, o número total de pessoas afetadas e o número de registros para a mesma classe. A regra seguinte consistiu no cálculo dos valores relativos para os três atributos associados a cada classe: duração, quantidade de pessoas e número de eventos pelo somatório desses atributos para todas as classes, de modo que a soma de todos os relativos para um mesmo atributo sempre igual a 100%. A função relacional e o indicador desejado foram obtidos do produto dos valores relativos dos tempos pelo relativo do número



de pessoas afetadas, dividido pelo relativo das ocorrências (frequência). Todo o esquema de geração correspondeu à descrição do método nebuloso, feito subconscientemente e comprovado nas diversas simulações realizadas.

O uso de funções estatísticas favoreceu a investigação das probabilidades de sucesso do projeto por “sorte”, demonstrando a possibilidade de determinação de incertezas, que podem aumentar a confiança no método. Entre as vantagens apresentadas, além da simplicidade de cálculo, está no fato de ter sido dispensado o expurgo e retirada de *outliers* para o sucesso do resultado, origem da titulação do índice que estabelece o peso ou gravidade dos dados registrados, uma vez que uma das primeiras introduções da “*clustering*” ou análise de agrupamento de dados em uma área com partições, sem o uso de filtros, projetando-se resultados sem que o sistema se perdesse em meio a manutenções programadas de longo prazo, que afetam número pequeno de consumidores mas apresentam duração extremamente longa ou outros valores que não necessitaram ser expurgados, porque o índice provou corrigir essas falhas da distribuição. Conclui-se que as comparações semânticas do item 4.1.10 (dia ensolarado, céu limpo, etc.) com graduações de impacto diferenciadas, relacionadas às interrupções de energia, indicou o comportamento nos critérios do método *fuzzy* do simulador, produzindo resultados, em alguns casos, sem variáveis numéricas (e.g. temperatura, velocidade, direção dos ventos ou umidade relativa); e que a desfuzzyficação foi conseguida por meio da interpretação dos resultados em relatório.

## 4.4 Trabalhos Futuros

Sistemas de planejamento funcionam como sistemas de controle em malha aberta, onde a entrada é comparada por indicadores com um ponto desejado (set point), entretanto a correção sugerida pelos indicadores somente pode ser aplicada no planejamento do orçamento do ano seguinte. A realimentação somente ocorre ao final do ciclo, quando novos dados indicam as tendências que devem ser seguidas e pode-se comparar o resultado financeiro da transação. Deste modo, o Prosseguimento da análise a obtenção de dado e geração de relatórios para os anos de 2018, 2019, 2020 e 2021 pode validar as observações e a funcionalidade do indicador. O método pode ser investigado para outros fins, junto a ouvidorias e assistências técnicas de empresas de produtos e serviços, no auxílio ao planejamento das equipes de manutenção, uma vez que deve oferecer a mesma funcionalidade para outros sistemas

relacionados à manutenção, identificando os fatores críticos relacionados aos clientes, aos produtos, as causas para a manutenção de redes de distribuição elétricas, as peças em substituição, o perfil do cliente, etc... A continuação da pesquisa sobre a formulação nebulosa e a combinação de outros atributos para utilização no mesmo processo podem ser tentadas para obtenção de correlações ainda mais complexas.

A automação integral do processo incluindo a defuzzificação e geração de gráficos automática podem produzir relatórios mais rápidos sem as subjetividades das interpretações humanas de resultados, simplificando todo o processo.

As planilhas traduzidas para o formato SQL permitiriam que diversos alunos, em processos paralelos e simultâneos, possam acessar os dados com acessos restritos, em função da gestão do acesso ao produto por um administrador, fixando “*login*” e senhas aos usuários. O projeto prosseguiria e poderia ser acessado remotamente por diversos estudantes, paralelamente e simultaneamente e, como em outros bancos de dados profissionais, com o licenciamento gratuito para uso. Sugere-se o sistema aberto Maria DB combinado com a interface Xampps, de fácil uso. A linguagem recomendada para essa aplicação é a php integrada aos navegadores da internet como ponto de conexão do sistema.

## Bibliografia

- [1] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 4, Resolução Normativa nº 469/2011  
[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2011469\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v4.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2011469_prodist_modulo_8_v4.pdf)
- [2] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 7, Resolução Normativa nº 664/2015  
[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2015664\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v7.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2015664_prodist_modulo_8_v7.pdf)
- [3] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 8, Resolução Normativa nº 728/2016  
[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2016728\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v8.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2016728_prodist_modulo_8_v8.pdf)
- [4] METROPOLIS N, ULAM S. *The Monte Carlo method*, Journal of the American Statistical Association, 1949 Sep; 44(247): 335-41, DOI: 10.1080/01621459.1949. 10483310 PMID: 18139350
- [5] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 13, Resolução Normativa nº 956, de 7 de dezembro de 2021  
[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956\\_2\\_7.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_7.pdf)
- [6] L.A. ZADEH, *Fuzzy Sets*, 1965, *Information and Control*, Volume 8, Issue 3, Pages 338-353, DOI 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [7] BART, DAVID e JULIA *Sir William Thomson, on the 150th Anniversary of the Atlantic Cable*, Antique Wireless Association (AWA), 2008, Antique Wireless Association Review, Volume 21  
<https://atlantic-cable.com/CablePioneers/Kelvin>
- [8] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral, Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida e dá outras providências  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8631.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8631.htm)
- [9] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral; Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9427cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9427cons.htm)
- [10] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral, Subchefia de Assuntos Jurídicos Lei nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996, Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8987cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8987cons.htm)

- [11] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 0, Resolução Normativa nº 345/2008  
[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2008345\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v0.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2008345_prodist_modulo_8_v0.pdf)
- [12] NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY NIST/SEMATECH, *e-Handbook of Statistical Methods*, 2003 rev. 2012, Departamento de Comércio norte-americano  
<https://doi.org/10.18434/M32189>
- [13] DOCKER COMMUNITY, *Is DOCKER still free e open source?*, Open Source StackExchange, 2017  
<https://opensource.stackexchange.com/questions/5436/is-docker-still-free-and-open-source>
- [14] FREE SOFTWARE FOUNDATION, INC *GNU General Public License version 3*, 2007  
<https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>
- [15] ROCHA, LUCIANA VELOSO; ARRUDA, MARIA CECÍLIA COUTINHO A Ética na Era da Informação, 2002, Núcleo de Pesquisas e Publicações NPP, Fundação Getúlio Vargas, EAESP, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, SP, <https://pesquisa-eaesp.fgv.br/publicacoes/pibic/etica-na-era-da-informacao>
- [16] GUIDO VAN ROSSUM, Scripting the Web with Python, In "Scripting Languages: Automating the Web", Spring 1997, World Wide Web Journal, Volume 2, Issue 2, O'Reilly, ISBN 10: 1565922654
- [17] WALKENBACH, JOHN Excel® 2013 Power Programming with VBA, 2013, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, ISBN 978-1-118-49039-6
- [18] CONTRACT REPORTER, THE NEW YORK STATE *Multi-disciplinary Engineering Building for the State University of New York (SUNY)*, 2021, Contract Number 21/22-028MC,  
<https://www.governmentcontracts.us/government-contracts/opportunity-details/NBD15621786316984924.htm>
- [19] CHOUDHARY, AYUSH *Multidisciplinary Research*, Academike, 2015,  
<https://www.lawctopus.com/academike/multidisciplinary-research/>
- [20] MARET, PIERRE DE; SALMI, JAMIL *World-Class Universities in a Post-Truth World*, The World View - Center for International Higher Education, 2018,  
<https://www.insidehighered.com/blogs/world-view/world-class-universities-post-truth-world-0>
- [21] TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 176, QUALITY MANAGEMENT AND QUALITY ASSURANCE, SUBCOMMITTEE SC 2, QUALITY SYSTEMS, *Quality management systems - Requirements*, International Organization for Standardization (ISO), 2015, ISO 9000: 2015
- [22] DAVID, MICHAEL M., *Advanced ANSI SQL Data Modeling e Structure Processing*, 1999, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, ISBN 1-58053-038-9
- [23] KRISHNAMURTHY, USHA *SQL Language quick reference - Data Types*, 2021, Oracle Help Center, <https://docs.oracle.com/>
- [24] RAVEENDRAN, BYJU *What Is The Difference Between Data e Information?*, 2018 e updated 2021, <https://byjus.com>, <https://byjus.com/biology/difference-between-data-and-information/>

- [25] TECHDIFFERENCES.COM *Difference Between Data e Information*, 2017 revised 2019, Techdifferences.com, <https://techdifferences.com/difference-between-data-and-information.html>
- [26] DYKES, BRENT *Actionable Insights: The Missing Link Between Data e Business Value*, 2016, Forbes, <https://www.forbes.com>
- [27] SVITLA TEAM *Data vs Information - Definitive Overview*, 2019, Stivla Systems, <https://svitla.com/blog/data-vs-information>
- [28] MELEEN, MICHELE *Difference Between Data e Information Explained*, 2022, <https://examples.yourdictionary.com/difference-between-data-and-information-explained.html>
- [29] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO), Plano de Dados Abertos (PDA), 2022, Ministério da Economia, <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos>
- [30] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO), Tabelas de eficiência energética, 2022, Ministério da Economia <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica>
- [31] MACEWEN, TERRY *Sir William Thomson, Baron Kelvin of Largs*, Historic UK Ltd, 2021, <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofScotland/Baron-Kelvin-Of-Largs>
- [32] THOMSON, WILLIAM (Lord Kelvin) *Electrical Units of Measurement*, PLA, vol. 1, 1883, 1883-05-03
- [33] JCGM/WG1, JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY-WORK GROUP 1 Incerteza da medição - Parte 3: Guia para expressão da incerteza na medição (GUM:1995), *International Organization for Standardization (ISO)*, Versão Corrigida 2010, ISO/IEC GUIDE 98-3: 2008(E)
- [34] COUTO, PAULO ROBERTO GUIMARÃES, O Metrologista Lordkelviano, Divisão da Metrologia Científica Industrial (DIMCI), Fevereiro de 2022, Seminário online DIMCI
- [35] JCGM/WG2, JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY-WORK GROUP 2 *GUIDE 99 International Vocabulary of Metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, ISO/IEC GUIDE 99: 2007(E/F)
- [36] ABNT ISO/IEC GUIA 99 Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos fundamentais e gerais e termos associados, 2014, ISBN 978-85-07-05170-1/
- [37] TSUTSUI, WILLIAM M. W. *Edwards Deming e the Origins of Quality Control in Japan*, *The Journal of Japanese Studies* Vol. 22, No. 2 (Summer, 1996), pp. 295-325 (31 pages), The Society for Japanese Studies DOI 10.2307/132975
- [38] ANTONY, JIJU; SNEE, RONALD; HOERL, ROGER, *Lean Six Sigma: yesterday, today e tomorrow*, Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 1-11. DOI 10.1108/978-1-78769-929-820201002
- [39] FURSULE, NILESH V; BANSOD, DR. SATISH V; FURSULE, SWATI N. *Understanding the Benefits e Limitations of Six Sigma Methodology*, International Journal of Scientific e Research Publications, Volume 2, Issue 1, 2012,
- [40] SANKARAN, C. *Power quality*, CRC Press, 2001, ISBN 0-8493-1040-7
- [41] DUGAN, ROGER C.; MCGRANAGHAN, MARK F.; SANTOSO, SURYA; AND BEATY, H. WAYNE. *Electrical Power Systems Quality - 2nd edition*, McGraw-Hill Professional Engineering, 2003, ISBN 007138622X, 9780071386227

- [42] SHARMA, HARI; SYED ISLAM, TREVOR PRYOR, C. V. NAYAR, *Power quality issues in a wind turbine driven induction generator e diesel hybrid autonomous grid*, Journal of Electrical e Electronics Engineering, 2001, ResearchGate
- [43] ELBASET, ADEL A. ELBASET; HASSAN, M.S. *Design e Power Quality Improvement of Photovoltaic Power System*, Springer Nature, 2017, ISBN 978-3-319-47463-2, ISBN 978-3-319-47464-9 (eBook), DOI 10.1007/978-3-319-47464-9
- [44] BAGGINI, ANGELO *Handbook of Power Quality*, John Wiley & Sons, Ltd, 2008, ISBN 978-0-470-06561-7
- [45] DE SOUZA, DANILO F.; DA SILVA, PAULO F.; FONTENELE, LUIZ FERNANDO. A.; BARBOSA, GUNTHER D.; JESUS, MARCELO DE O. *Efficiency, quality, e environmental impacts: A comparative study of residential artificial lighting*, Science Direct, 2019, DOI:10.1016/j.egy.2019.03.009
- [46] BENNION, KEVIN *Electric Motor Thermal Management Research Annual Progress Report*, NREL is a national laboratory of the U.S. Department of Energy, 2017, NREL/MP-5400-67121
- [47] INSTRUMENTS, AEMC *Understanding Power & Power Quality Measurements*, Aemc.com, 2001, <https://www.instrumart.com/assets/UnderstandingPowrQuality.pdf>
- [48] IEEE-SA STANDARDS BOARD, IEEE STD 1100 *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment*, 1999, ISBN 0-7381-1661-0
- [49] TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 176, QUALITY MANAGEMENT e QUALITY ASSURANCE, SUBCOMMITTEE SC 2, QUALITY SYSTEMS, *Quality management systems - Requirements*, International Organization for Standardization (ISO), 2015, ISO 9001: 2015
- [50] TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 176, QUALITY MANAGEMENT e QUALITY ASSURANCE, SUBCOMMITTEE SC 2, QUALITY SYSTEMS, *Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success*, International Organization for Standardization (ISO), 2018, ISO 9004: 2018
- [51] TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 176, QUALITY MANAGEMENT e QUALITY ASSURANCE, SUBCOMMITTEE SC 2, QUALITY SYSTEMS, *Guidelines for auditing management systems*, International Organization for Standardization (ISO), 2011, ISO 19011: 2011
- [52] COMITÊ BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL (ABNT/CB-038), ABNT NBR ISO 14004, *Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais para a implementação*, 2018, Associação Brasileira de Normas Técnicas, ISBN 978-85-07-07435-9
- [53] TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 176, QUALITY MANAGEMENT e QUALITY ASSURANCE, SUBCOMMITTEE SC 2, QUALITY SYSTEMS, *Quality management systems - Fundamentals and vocabulary*, International Organization for Standardization (ISO), 2005, ISO 9000: 2005(E)
- [54] TAVANI, CLAUDIA *12 Must-See Bridges In Rome*, Strictly Rome, 2021, GeneratePress <https://strictlyrome.com/bridges-in-rome>
- [55] IEC TECHNICAL COMMISSÃO (TC 64) *Electrical installations e protection against electric shock*, IEC TS 60479-1 - *Effects of current on human beings e livestock - Part 1: General aspects*, International Electrotechnical Commission, 2005+AMD1: 2016 CSV, ISBN 978-2-8322-6295-5

- [56] IEC TECHNICAL COMISSÃO (TC 70), *Degrees of protection provided per enclosures, IEC 60529 - Degrees of protection provided per enclosures (IP Code)*, International Electrotechnical Commission, 1989+AMD1:1999+AMD2:2013, ISBN 2-8318-5588-8
- [57] MITSUBISHI CRITICAL, *Thermal Runaway - What is it e How to Prevent it*, 2021, Mitsubishi Electric Power Products Inc.,  
<https://www.mitsubishicritical.com/resources/blog/thermal-runaway>
- [58] LI, CHUANYANG; SHAHSAVARIAN, TOHID; BAFERANI, MOHAMADREZA ARAB; WANG, NINGZHEN; RONZELLO, JOANNE; CAO, YANG *High Temperature Insulation Materials for DC Cable Insulation-Part III: Degradation e Surface Breakdown*, IEEE Transactions on Dielectric e Electrical Insulation, Vol.28, pp.240-247, 2021.
- [59] UNDERWRITERS LABORATORIES INC, *UL 94-Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices e Appliances*, Underwriters Laboratories Inc. (UL),1996, ISBN 0-7629-0082-2
- [60] SHI, CHAO; ROCK, LINGROTH *Validating an abnormal situation prediction model for smart manufacturing in the oil refining industry*, Elsevier Ltd - Science Direct, 2022  
DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103697
- [61] STRUZAK, PROF. DR. R. *Introduction to electromagnetic compatibility e interference mitigation*, 2004, School on Digital Radio Communications for Research e Training in Developing Countries - *The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ICTP Trieste (Italy)*
- [62] VOLDMAN, S.H. *System e Component Failure from Electrical Overstress e Electrostatic Discharge*, Research Gate, 2016, DOI: 10.5772/intechopen.72677
- [63] HOLWERDA, THOM *Open Source Not Broken*, OS News, 2021,  
<https://www.osnews.com/story/134324/open-source-is-not-broken/>
- [64] MAJERUS, LAURA A. *Patent Rights and Open Source - Can They Co-exist?*, 2009, Fenwick & West LLP, <https://www.fenwick.com>
- [65] HURLEY, DAVID *12 Challenges for open source projects*, 2014, opensource.com,  
<https://opensource.com/life/14/6/12-challenges-open-source-projects>
- [66] LAVANYA, N. & MALARVIZHI, T. *Risk analysis e management: a vital key to effective project management*, 2008, PMI Global Congress, Project Management Institute, Sidney, Australia
- [67] GUMZ, J. *Risk on complex projects: a case study*, 2012, PMI Global Congress, EMEA (Europe, Middle East, e Africa), Marseille, France
- [68] JUNEJA, PRACHI *What is Project Risk?*, MSG Management Study Guide,  
<https://www.managementstudyguide.com/what-is-project-risk.htm>
- [69] IEC Advisory Committee on Safety (ACOS), IEC GUIDE 116 *Guidelines for safety related risk assessment and risk reduction for low voltage equipment*, International Electrotechnical Commission (IEC), 2018, ISBN 978-2-8322-6097-5
- [70] ABNT NBR ISO 14971 *Dispositivos médicos - Aplicação de gerenciamento de risco a dispositivos médicos- Cancelada*, 2009, 978-85-07-01783-7
- [71] BARNES, DR. MARTIN *Some Origins of Modern Project Management, A Personal History*, 2007, PM World Today Vol. II, Issue XI, <http://www.peworldjournal.net/>

- [72] JURIDOC.COM.BR (CNPJ: 28.101.109/0001-34) 4 pontos que você deve considerar no seu acordo de confidencialidade, 2018, <https://www.juridoc.com.br/blog/relacionamento-com-clientes-e-fornecedores/6307-4-pontos-devem-considerados-acordo-de-confidencialidade/>
- [73] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências, publicada no DOU 20/2/1998
- [74] RAMOS, FABRÍCIO Desvendando os Acordos de Confidencialidade do Lexio, 2018 e atualizado em 2019, <https://www.lexio.legal/blog/acordos-confidencialidade-lexio>
- [75] VAN SELST, MARK *Cognition Chapter 12: Problem Solving*, San Jose State University, 2014, [https://www.sjsu.edu/people/mark.vanselst/courses/psyc135/s0/Reed9th\\_c12\\_Summer2014.pdf](https://www.sjsu.edu/people/mark.vanselst/courses/psyc135/s0/Reed9th_c12_Summer2014.pdf)
- [76] SINGLA, ANKUSH *Why Coding Is the Most Important Job Skill for the Future*, 2021, The Web Writer Spotlight, <https://webwriterspotlight.com/why-coding-is-the-most-important-job-skill-for-the-future>
- [77] PASQUALI, LORENZO *7 Ranks of Coderhood: Coder, Programmer, Computer Scientist, Developer, Engineer, Architect*, 2017, CoderHood Blog, <https://www.coderhood.com/7-ranks-coder-programmer-computer-scientist-developer-engineer-architect/>
- [78] BLUM, RICHARD *Professional Assembly Language*, 2005, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-0-764-57901-1
- [79] IDSWATER *Which is an example of a mnemonic in assembly language?*, 2021, idswater.com, <https://idswater.com/2021/03/12/which-is-an-example-of-a-mnemonic-in-assembly-language/>
- [80] JAIN, ANIL K, MAO, JIANCHANG *Artificial Neural Networks: A Tutorial*, 1996, IEEE Xplore DOI: 10.1109/2.485891
- [81] CARR, JENNA *An Introduction to Genetic Algorithms*, 2014, Whitman College
- [82] SHINDE, VIJAY *Python vs C++: Top 16 Differences Between C++ e Python*, 2022, Software Testing Help, <https://www.softwaretestinghelp.com/python-vs-cpp>
- [83] LAURA. M. *C VS C++: Which One is Better?*, 2021, bitdegree.org, <https://www.bitdegree.org/tutorials/c-vs-c-plus-plus/>
- [84] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral; Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019, Declaração de Direitos de Liberdade Econômica - estabelece garantias de livre mercado, publicado no DOU 20/9/2019.
- [85] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral; Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei nº 13.848, de 25 de junho de 2019, Dispõe sobre a gestão, a organização, o processo decisório e o controle social das agências reguladoras, publicado no DOU 26/6/2019.
- [86] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Secretaria-Geral; Subchefia para Assuntos Jurídicos Decreto nº 10.411, de 30 de junho de 2020, Análise de impacto regulatório, de que tratam o art. 5º da Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019, e o art. 6º da Lei nº 13.848, de 25 de junho de 2019,
- [87] TIMEANDDATE.COM *Weather reports from January 2017 to December 2018 in Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, Brasil, 2019, pubID: 12d5d789-63e3-47bc-ba31-070e97a96f2c, <https://www.timeanddate.com>



- [88] IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Áreas de Divulgação da Amostra para Aglomerados Subnormais (2010), 2013, DGC/CGEO, DGC/CETE, DPE/COPIS, DPE/COMEQ, DPE/GTD, DI/COPRE, COC e UEs /SBTs, <http://www.censo2010.ibge.gov.br/agsn2/>
- [89] ROSS, TIMOTHY J., *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 2009, ISBN: 978-0-470-74376-8
- [90] CARVALHO, MARCELO A. C., CUNHA, MATHEUS C., MELO, IGOR A., FORTES, MARCIO Z., COLOMBINI, ANGELO C., FERREIRA, VITOR H. *Proposal of computational tool to support maintenance decision for electric power grids*, Journal of Engineering and Technology for Industrial Application (JETIA).
- [91] TAKAGI T., SUGENO M., *Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control*, 1985, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-15, no. 1, pp. 116-132, DOI: 10.1109/TSMC.1985.6313399
- [92] ADAMS, JOHN Argumento para Defesa, Julgamentos do Massacre de Boston, 1770, *Founders Online, National Archives*, <https://founders.archives.gov/documents/Adams/05-03-02-0001-0004-0016>.
- [93] REPÚBLICA, PRESIDÊNCIA DA; Casa-Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências, [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2335.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2335.htm)
- [94] ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade do fornecimento de energia elétrica, Revisão 12, Resolução Normativa nº 863/2019 e Resolução Normativa nº 871/2020, [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2015664\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v7.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2015664_prodist_modulo_8_v7.pdf)
- [95] EVIA, ARNOLD *Nyquist Sampling Theorem*, 2012, Illinois Institute of Technology, <https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/nyquistSamplingTheorem1.pdf>
- [96] POWELL, TAMAN & SAMMUT-BONNICI, *Tanya Pareto Analysis*, 2015, Wiley *Encyclopedia of Management - Vol. 12 Strategic Management*, DOI: 10.1002/9781118785317.weom120202
- [97] DAN E.TAMIR, NAPHTALI D.RISHE, ABRAHAM KANDEL, *Fifty Years of Fuzzy Logic and its Applications (Studies in Fuzziness and Soft Computing)*, 2015, Springer, DOI 10.1007/978-3-319-19683-1
- [98] FERNANDO LAUDARES CAMARGOS, *Lógica Nebulosa: uma abordagem filosófica e aplicada*, 2002, Ciências da Computação, 5ª fase, Departamento de Informática e Estatística (INE), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
- [99] COX, EARL, *The Fuzzy Systems Handbook, a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems*, 1999, AP Professional, 2nd Edition, ISBN:978-0-12-194270-0


## **Anexo A – Tabelas Complementares**

O Anexo A apresenta tabelas que pertencem ao trabalho, mas que não participaram do processo computacional ou da análise de dados gerados, sendo formatadas para melhor leitura.



Tabela 21 - Dados da Tabela 20 organizados em informação para o Programa Brasileiro de Etiquetagem

**FOGÕES E FORNOS DOMÉSTICOS A GÁS**



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA  
QUALIDADE E TECNOLOGIA

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

Linhas de Consumo / Eficiência Energética - Portaria nº8, de 5 de janeiro de 2022  
Linha de Fogões e Fornos a Gás

Empresas 33  
Marcas 47  
Modelos 1242

Critério de Classificação

Rendimento (%) 63<= n	Mesa de Cozido	Índice de Consumo (kWh) lc <=49	Forno
61<= n <63	B	49< lc <=53	B
59<= n <61	C	53< lc <=57	C
57<= n <59	D	57< lc <=60	D
52<= n <57	E	60< lc <=63	E

Data Atualização: 6/4/2022 06:17:50

Empresa	Marca	Modelo	Tipo do produto	Plus ou embutir	Convencional ou com dispositivos elétricos	Certificado de Conformidade	Tipo de gás	N° bocas	Rendimento médio quimadores (% +/-3%)	Classificação PBE mesa	Volume forno (L +/-2%)	Consumo forno (kg/h)	Índice de consumo do forno (% +/-5%)	Classificação PBE fornos	Registro Inmetro	Código de barras
ATLAS	ATLAS	30001190 / FOGAO GAS 4Q UTOP GLASS EMB PTO 22	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30480001	GLP	4	63	A	82,5	0,112	40	A	002061/2016	7897180508630
ATLAS	ATLAS	30001191 / FOGAO GAS 4Q UTOP GLASS EMB STYLE 22	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30480001	GLP	4	63	A	82,5	0,112	40	A	002061/2016	7897180508647
ATLAS	ATLAS	30001192 / FOGAO GAS 5Q UTOP GLASS EMB PTO 22	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30480002	GLP	5	63	A	119,5	0,132	36	B	002062/2016	7897180508654
ATLAS	ATLAS	30001193 / FOGAO GAS 5Q UTOP GLASS EMB STYLE 22	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30480002	GLP	5	63	A	119,5	0,132	36	B	002062/2016	7897180508661
ATLAS	ATLAS	APMEL-X10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345003	GLP	5	63	A	100	0,134	42	A	005839/2018	7897180503529
ATLAS	ATLAS	APMEL-B10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345003	GLP	5	63	A	100	0,134	42	A	005839/2018	7897180503499
ATLAS	ATLAS	APMEL-P10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345003	GLP	5	63	A	100	0,134	42	A	005839/2018	7897180503506
ATLAS	ATLAS	APMEL-P10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345003	GLP	5	63	A	100	0,134	42	A	005839/2018	7897180503550
ATLAS	ATLAS	COOKTOP GAS 4Q ATLAS AGILE UP GLASS	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	4	64	A	50,0	0,092	47	A	006109/2014	7897180506636
ATLAS	ATLAS	COOKTOP GAS 5Q ATLAS AGILE UP GLASS	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	5	63	A	50,0	0,092	47	A	006110/2014	7897180506643
ATLAS	ATLAS	COOKTOP GAS 5Q ATLAS TC AGILE UP GLASS	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	5	63	A	50,0	0,092	47	A	006111/2014	7897180506650
ATLAS	ATLAS	COOKTOP GOURMET GLASS V01	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345013	GLP	4	63	A	0	0	0	A	000758/2015	7897180500115
ATLAS	ATLAS	COOKTOP GOURMET GLASS V01	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	5	63	A	0	0	0	A	006111/2014	7897180500122
ATLAS	ATLAS	COOKTOP PRETO AGILE V01	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	4	63	A	0	0	0	A	006110/2014	7897180500002
ATLAS	ATLAS	COOKTOP PRETO AGILE V01	FOGAO	EMBUTIR	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345006	GLP	4	64	A	0	0	0	A	006109/2014	7897180500085
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q AGILE GLASS INOX D10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316021	GLP	4	65	A	50,0	0,092	47	A	000399/2018	7897180505608
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q AGILE GLASS PTO D10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316021	GLP	4	65	A	50,0	0,092	47	A	000399/2018	7897180505592
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATENAS GLASS BCO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345014	GLP	4	64	A	50,0	0,088	45	A	000158/2020	7897180507459
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATENAS GLASS PTO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345014	GLP	4	64	A	50,0	0,088	45	A	000158/2020	7897180507466
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATENAS GLASS AGILE UP GLASS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316021	GLP	4	65	A	50,0	0,092	47	A	000399/2018	7897180506350
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS AGILE UP GLASS INX 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316021	GLP	4	65	A	50,0	0,092	47	A	000399/2018	7897180506339
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS AGILE UP GLASS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316021	GLP	4	65	A	50,0	0,092	47	A	000399/2018	7897180506315
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW FASTCOOK BCO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316023	GLP	4	66	A	50,0	0,085	38	A	000943/2018	7897180507365
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW FASTCOOK INOX 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316023	GLP	4	66	A	50,0	0,085	38	A	000943/2018	7897180507602
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW FASTCOOK PTO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316023	GLP	4	66	A	50,0	0,085	38	A	000943/2018	7897180507572
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW UTOP BCO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345043	GLP	4	64	A	60	0,101	46	A	006152/2021	7897180507978
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW UTOP GLASS PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345019	GLP	4	65	A	60	0,105	48	A	003326/2020	7897180508036
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW UTOP GLASS STYLE	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345019	GLP	4	65	A	60	0,105	48	A	003326/2020	7897180508043
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW UTOP PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345043	GLP	4	64	A	60	0,101	46	A	006152/2021	7897180507985
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q ATLAS NEW UTOP STYLE PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345043	GLP	4	64	A	60	0,101	46	A	006152/2021	7897180507992
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q BCO TROPICAL GLASS 19	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345004	GLP	4	68	A	50,0	0,076	39	A	001834/2019	7897180503871
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q COLISEUM GLASS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345042	GLP	4	64	A	50,0	0,084	43	A	005792/2020	7897180506148
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q COLISEUM GLASS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345042	GLP	4	64	A	50,0	0,084	43	A	005792/2020	7897180506155
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q COLISEUM GLASS TITAN 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345042	GLP	4	64	A	50,0	0,084	43	A	005792/2020	7897180506179
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q COLISEUM PLUS BCO 20	FOGAO	PISO	CONVENCIONAL	BR-30345017	GLP	4	68	A	50,0	0,087	45	A	003323/2020	7897180505387
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q COLISEUM PLUS PTO 20	FOGAO	PISO	CONVENCIONAL	BR-30345017	GLP	4	68	A	50,0	0,087	45	A	003323/2020	7897180505394
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q INOX TROPICAL GLASS 19	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345004	GLP	4	68	A	50,0	0,076	39	A	001834/2019	7897180503918
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO PLUS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345016	GLP	4	68	A	50,0	0,079	41	A	003322/2020	7897180505301
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO PLUS INOX 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345016	GLP	4	68	A	50,0	0,079	41	A	003322/2020	7897180505325
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO PLUS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345016	GLP	4	68	A	50,0	0,079	41	A	003322/2020	7897180505318
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO PLUS TITAN 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345016	GLP	4	68	A	50,0	0,079	41	A	003322/2020	7897180505352
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO TOP GLASS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345014	GLP	4	64	A	50,0	0,088	45	A	000158/2020	7897180505127
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO TOP GLASS INOX 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345014	GLP	4	64	A	50,0	0,088	45	A	000158/2020	7897180505141
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q MONACO TOP GLASS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345014	GLP	4	64	A	50,0	0,088	45	A	000158/2020	7897180505148
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 4Q PTO TROPICAL GLASS 19	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345004	GLP	4	68	A	50,0	0,076	39	A	001834/2019	7897180503895
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q AGILE GLASS INOX D10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316022	GLP	5	64	A	86,5	0,127	44	A	000411/2018	7897180505622
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q AGILE GLASS PTO D10	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316022	GLP	5	64	A	86,5	0,127	44	A	000411/2018	7897180505615
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATENAS GLASS BCO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345015	GLP	5	64	A	86,5	0,128	45	A	000157/2020	7897180507473
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATENAS GLASS PTO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345015	GLP	5	64	A	86,5	0,128	45	A	000157/2020	7897180507480
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS AGILE UP GLASS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316022	GLP	5	64	A	86,5	0,127	44	A	000411/2018	7897180506360
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS AGILE UP GLASS INOX 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316022	GLP	5	64	A	86,5	0,127	44	A	000411/2018	7897180506348
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS AGILE UP GLASS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316022	GLP	5	64	A	86,5	0,127	44	A	000411/2018	7897180506322
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW FASTCOOK BCO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316030	GLP	5	68	A	86,5	0,146	51	B	002288/2018	7897180507589
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW FASTCOOK INOX 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316030	GLP	5	68	A	86,5	0,146	51	B	002288/2018	7897180507619
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW FASTCOOK PTO 21	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-35316030	GLP	5	68	A	86,5	0,146	51	B	002288/2018	7897180507596
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW UTOP BCO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345044	GLP	5	63	A	100	0,14	44	A	006204/2021	7897180508005
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW UTOP GLASS PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345020	GLP	5	64	A	100	0,14	44	A	006204/2021	7897180508050
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW UTOP GLASS STYLE	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345020	GLP	5	64	A	100	0,14	44	A	006204/2021	7897180508060
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW UTOP PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345044	GLP	5	63	A	100	0,14	44	A	006204/2021	7897180508012
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q ATLAS NEW UTOP STYLE PTO	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345044	GLP	5	63	A	100	0,14	44	A	006204/2021	7897180508029
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q BCO TROPICAL GLASS 19	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345005	GLP	5	66	A	86,5	0,125	44	A	001947/2019	7897180503848
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q INOX TROPICAL GLASS 19	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345005	GLP	5	66	A	86,5	0,125	44	A	001947/2019	7897180503925
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q MONACO PLUS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345018	GLP	5	65	A	86,5	0,123	43	A	003324/2020	7897180505349
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q MONACO PLUS INOX 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345018	GLP	5	65	A	86,5	0,123	43	A	003324/2020	7897180505363
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q MONACO PLUS PTO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345018	GLP	5	65	A	86,5	0,123	43	A	003324/2020	7897180505350
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q MONACO PLUS TITAN 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345018	GLP	5	65	A	86,5	0,123	43	A	003324/2020	7897180505370
ATLAS	ATLAS	FOGAO GAS 5Q MONACO TOP GLASS BCO 20	FOGAO	PISO	CUM DISPOSITIVO ELÉTRICOS	BR-30345015	GLP	5	64	A	86,5	0,128	45	A		

Tabela 22 – Lista de Fatos Geradores para 2022, 2017, 2016 e 2014

		2022		2017		2016		2014	
Origem	Revisão: 13	Tipo	Causa	Data de Vigência: 1º/01/2022	Data de Vigência: 1º/01/2017	Data de Vigência: 01/01/2016	Data de Vigência: 01/02/2012	Detalhe	Detalhe
Origem		Tipo	Causa	Detalhe	Detalhe	Detalhe	Detalhe	Detalhe	Detalhe
Interna		Programada	Alteração	Para melhoria	Para melhoria	Para melhoria	Para melhoria		
Interna		Programada	Alteração	Para ampliação	Para ampliação	Para ampliação	Para ampliação		
Interna		Programada	Manutenção	Corretiva	Corretiva	Corretiva	Corretiva		
Interna		Programada	Manutenção	Preventiva	Preventiva	Preventiva	Preventiva		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Poluição	Poluição	Poluição	Poluição		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Corrosão	Corrosão	Corrosão	Corrosão		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Queima ou Incêndio	Queima ou Incêndio	Queima ou Incêndio	Queima ou Incêndio		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Inundação	Inundação	Inundação	Inundação		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Erosão	Erosão	Erosão	Erosão		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Árvore ou Vegetação	Árvore ou Vegetação	Árvore ou Vegetação	Árvore ou Vegetação		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Descarga Atmosférica	Descarga Atmosférica	Descarga Atmosférica	Descarga Atmosférica		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Animais	Animais	Animais	Animais		
Interna		Não programada	Meio ambiente	Vento	Vento	Vento	Vento		
Interna		Não programada	Terceiros	Vandalismo	Vandalismo	Vandalismo	Vandalismo		
Interna		Não programada	Terceiros	Abaloamento	Abaloamento	Abaloamento	Abaloamento		
Interna		Não programada	Terceiros	Roubo	Roubo	Roubo	Roubo		
Interna		Não programada	Terceiros	Acidente	Acidente	Acidente	Acidente		
Interna		Não programada	Terceiros	Objeto na Rede	Objeto na Rede	Objeto na Rede	Pipa		
Interna		Não programada	Terceiros	Defeito cliente afetando outros	Defeito cliente afetando outros	Defeito cliente afetando outros	Defeito cliente afetando outros		
Interna		Não programada	Terceiros	Ligação clandestina	Ligação Clandestina	Ligação Clandestina	Ligação Clandestina		
Interna		Não programada	Terceiros	Empresas de serviços públicos ou suas contratadas	Empresas de serviços públicos ou suas contratadas	Empresas de serviços públicos ou suas contratadas	Empresas de serviços públicos ou suas contratadas		
Interna		Não programada	Terceiros	Defeito interno não afetando outras unidades consumidoras	Defeito interno não afetando outras unidades consumidoras	Defeito interno não afetando outras unidades consumidoras	2016, 2017 e 2022		
Interna		Não programada	Terceiros	Interferência de terceiros	Interferência de terceiros	Interferência de terceiros	2016, 2017 e 2022		
Interna		Não programada	Falha operacional	Erro de operação	Erro de operação	Erro de operação	Erro de operação		
Interna		Não programada	Falha operacional	Serviço mal executado	Serviço mal executado	Serviço mal executado	Serviço mal executado		
Interna		Não programada	Falha operacional	Acidente	Acidente	Acidente	Acidente		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Subtensão	Subtensão	Subtensão	Subtensão		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Sobretensão	Sobretensão	Sobretensão	Sobretensão		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Desligamento para	Desligamento para	Desligamento para	Desligamento para		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Desligamento por	Desligamento por	Desligamento por	Desligamento por		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Falha de material ou equipamento	Falha de material ou equipamento	Falha de material ou equipamento	Falha de material ou equipamento		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Atuação de Sistema	Atuação de Sistema	Atuação de Sistema	2016, 2017 e 2022		
Interna		Não programada	Próprias do sistema	Não identificada	Não identificada	Não identificada	Não identificada		
Interna		Não programada	Alívio de carga	-	-	-	-		
Interna		Não programada	Não classificada	-	-	-	-		
Externa		Programada	-	-	-	-	-		
Externa		Não Programada	Próprias do Sistema	Atuação de Sistema Especial de Proteção (SEP)	Atuação de Sistema Especial de Proteção (SEP)	Atuação de Sistema Especial de Proteção (SEP)	2016, 2017 e 2022		
Externa		Não Programada	Não classificada	-	-	-	-		