



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

MATHEUS TORRES CARVALHO

**APLICAÇÃO DE *BUSINESS INTELLIGENCE* PARA GERENCIAMENTO DA
MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO**

**FORTALEZA
2022**

MATHEUS TORRES CARVALHO

APLICAÇÃO DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA GERENCIAMENTO DA
MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C325a Carvalho, Matheus Torres.
Aplicação de Business Intelligence para gerenciamento da manutenção de subestações de alta tensão /
Matheus Torres Carvalho. – 2022.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.

1. Business Intelligence. 2. Power BI. 3. Manutenção de subestações. I. Título.

CDD 621.3

MATHEUS TORRES CARVALHO

APLICAÇÃO DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA GERENCIAMENTO DA
MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. José Airton Borges Carneiro

À minha Mãe e à minha Irmã.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Ana Lúcia e à minha irmã Rakel por todo o carinho e amor.

Ao Prof. Dr. Raimundo Furtado, pela orientação, conselhos e ajuda nos meus momentos de dificuldade.

Aos amigos, que fizeram essa jornada comigo e que sem eles não teria sido possível chegar até aqui, obrigado pelas horas de estudo, pelos momentos de alegria e o companheirismo nas horas difíceis, em ordem alfabética, Bruno, Caio, Davi, Airton, Leonardo, Matheus Alencar e Pedro Tino.

Ao Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara e ao Eng. José Airton Borges Carneiro, por aceitarem participar da banca e contribuíram para melhora deste trabalho.

“A própria luta para chegar ao cume basta para encher o coração de um homem. É preciso imaginar Sísifo feliz.”

Albert Camus.

RESUMO

Este trabalho objetiva estudar a aplicação da metodologia de *Business Intelligence* para auxiliar o gerenciamento da manutenção de subestações de alta tensão de concessionárias de distribuição, realizando-se uma revisão teórica dos principais conceitos de manutenção, subestações e arquitetura de um ambiente de *Business Intelligence*. Este estudo se motiva pela grande importância das subestações de alta tensão para o sistema elétrico e da necessidade de o gestor de manutenção garantir a continuidade e a confiabilidade da operação destas instalações. Como objetivos específicos, estudou-se a ferramenta computacional Power BI, utilizou-se do processo de *Extract, Transform and Load* e modelagem dimensional para implementar um *Data Warehouse* a partir do banco de dados com ordens de trabalho de uma concessionária de distribuição e criar *dashboards* com o diagrama de Pareto e o histograma com curva normal. Essas representações gráficas permitem ao gestor de manutenção de forma visual identificar as principais causas de intervenções e quais equipamentos apresentam uma quantidade de intervenções acima do aceitável. Dessa forma, o Power BI e os conceitos de *Business Intelligence* mostraram ter muito a contribuir à gerencia de manutenção de subestações de alta tensão.

Palavras-chave: *Business Intelligence*. Power BI. Manutenção de Subestações.

ABSTRACT

This work aims to study the application of the Business Intelligence methodology to help the maintenance management of high voltage substations of distribution concessionaires, carrying out a theoretical review of the main maintenance concepts, substations and architecture of a Business Intelligence environment. This study is motivated by the great importance of high voltage substations for the electrical system and the need for the maintenance manager to guarantee the continuity and reliability of the operation of these facilities. As specific objectives, the computational tool Power BI was studied, the Extract, Transform and Load process and dimensional modeling were used to implement a Data Warehouse from the database with work orders of a distribution company and create dashboards with the Pareto diagram and the histogram with normal curve. These graphical representations allow the maintenance manager to visually identify the main causes of interventions and which equipment has a number of interventions above the acceptable. In this way, Power BI and Business Intelligence concepts proved to have a lot to contribute to the maintenance management of high voltage substations.

Keywords: *Business Intelligence*. Power BI. Maintenance of Substations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da Manutenção	17
Figura 2 – Conceitos associados à Business Intelligence.....	19
Figura 3 – Arquitetura de um ambiente de BI	22
Figura 4 – Exemplo de um Esquema Estrela.....	23
Figura 5 – Quadrante Mágico para plataformas de Analytics e Business Inteligence	25
Figura 6 – Tela inicial do Power BI Desktop	26
Figura 7 – Tela do editor Power Query	27
Figura 8 – Tela do editor Power Pivot.....	28
Figura 9 – Tela do editor Power View	28
Figura 10 – Diagrama de Pareto	31
Figura 11 - Exemplo de Histograma com curva normal.....	32
Figura 12 – Importar dados	33
Figura 13 – Tela de pré-visualização	33
Figura 14 – Tela do Power Query.....	34
Figura 15 – Modelo dimensional.....	35
Figura 16 - Expressão DAX para o somatório do número de intervenções	36
Figura 17 - Exemplo de adição de valores aos eixos do gráfico	36
Figura 18 - Soma do número de intervenções por tipo de defeito.....	37
Figura 19 - Medida Ranking.....	37
Figura 20 - Medida Acumulado.....	38
Figura 21 - Medida Percentual de Intervenções	38
Figura 22 - Diagrama de Pareto Completo.....	39
Figura 23 - Medida para histograma.....	39
Figura 24 - Exemplo de Histograma	40
Figura 25 - Cálculo da Média.....	40
Figura 26 - Cálculo do Desvio Padrão	40
Figura 27 - Cálculo da Distribuição Normal	41
Figura 28 - Histograma e Curva de Gauss.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BI	<i>Business Intelligence</i>
DAX	Data Analysis Expressions
DW	<i>Data Warehouse</i>
DM	<i>Data Mart</i>
ETL	<i>Extract, Transform and Load</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
OT	Ordem de Trabalho
SIN	Sistema Interligado Nacional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Motivação.....	13
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivos Gerais	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	Organização do trabalho	14
2	REVISÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Manutenção	15
2.1.1	Breve histórico da manutenção.....	15
2.2	Subestações de Energia.....	17
2.3	Business Intelligence	18
2.3.1	Self Service Business Intelligence	20
2.4	Arquitetura de um ambiente de Business Intelligence	20
2.4.1	Sistemas Transacionais	20
2.4.2	Sistema Extract, Transformation and Load	21
2.4.3	Data Warehouse.....	21
2.4.4	Aplicações de Business Intelligence	22
2.4.5	Modelagem dimensional dos dados	23
2.5	Considerações Finais.....	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	Obtenção dos Dados.....	24
3.2	Escolha da Ferramenta Computacional	25
3.2.1	Microsoft Power BI Desktop	26
3.3	Metodologia Business Intelligence	29
3.4	Considerações Finais.....	29
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	30
4.1	Apresentação do problema e determinação das ferramentas	30
4.1.1	Apresentação do problema	30
4.1.2	Ferramentas utilizadas	30
4.2	Preparação do <i>Data Warehouse</i>	32
4.2.1	Etapa Extract.....	32
4.2.2	Etapas Transform e Load	34
4.3	Modelagem dos dados	34
4.4	Criação dos <i>Dashboards</i>	35

4.4.1 Diagrama de Pareto	36
4.4.2 Histograma e Curva de Gauss	39
5 CONCLUSÃO	42

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda a motivação para o presente trabalho, os objetivos gerais e específicos que almejam-se alcançar ao final e como serão divididos os capítulos.

1.1 Motivação

Na sociedade atual, a energia elétrica é um dos principais insumos, sendo extremamente necessária ao desenvolvimento socioeconômico das nações. No Brasil, a matriz energética é formada por uma combinação de geração hidroelétrica, que é responsável por 62% da capacidade instalada, termelétricas, que respondem por 28%, e o restante é proveniente de usinas eólicas e solares. O sistema elétrico brasileiro possibilita a troca de energia gerada em todas as regiões, excluindo os sistemas isolados. Esse intercâmbio energético é possível graças ao Sistema Interligado Nacional (SIN), uma enorme rede de transmissão com mais de 100 mil quilômetros de extensão. (ANEEL, 2022).

Incluído no SIN, está o sistema de distribuição de energia elétrica, o qual está situado entre os consumidores e o sistema de transmissão. Uma das principais peças do sistema de distribuição são as subestações de energia, que são instalações responsáveis por manobras, proteção, transformação de tensão e corrente e outras funções. (Leão, 2022)

Devido sua elevada importância operacional e financeira, as subestações devem passar por rotinas de manutenção para que os indicadores e valores de referência para a qualidade do produto, energia elétrica, especificados no módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição, sejam atendidos.

Dessa forma, o gestor de manutenção responsável por estas instalações, deve ser capaz de identificar as principais causas das intervenções feitas nos equipamentos, e quais destes estão apresentando falhas além do considerado aceitável.

O trabalho realizado por Muniz (2020), estudou a gestão da qualidade no setor de manutenção em subestações de alta tensão. Esse estudo, deixou como recomendações para trabalhos futuros a possibilidade de utilizar-se do Power BI para facilitar o acesso aos dados de ordens de trabalho e gerar relatórios com maior facilidade.

Diante desta necessidade, identificou-se a oportunidade de se utilizar das ferramentas de *Business Intelligence*, que para Dos Santos (2019), surgem com o objetivo de retirar, somar e transformar os dados em informações pertinentes, de forma a melhorar o ciclo de tomada de decisões.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação da metodologia de *Business Intelligence* e da ferramenta Power BI empregadas ao gerenciamento da manutenção de subestações de alta tensão de concessionárias de distribuição.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Definir e estudar o Power BI como a ferramenta computacional para a aplicação do método de *Business Intelligence*;
- b) Modelar e implementar um *Data Warehouse* a partir do banco de dados de ordens de trabalho;
- c) Elaborar, na ferramenta computacional escolhida, o Diagrama de Pareto e Histograma com a curva normal.

1.3 Organização do trabalho

O texto está dividido em 5 capítulos, distribuídos da seguinte forma:

- a) Capítulo 1: introdução do trabalho, que discorre sobre a motivação para o estudo, definição de objetivo geral e específicos e descrição da organização do texto;
- b) Capítulo 2: revisão bibliográfica dos temas que abordados, como manutenção, subestações de energia, *Business Intelligence* e arquitetura de ambiente de *Business Intelligence*;
- c) Capítulo 3: apresenta a metodologia aplicada, a escolha do Power BI como a ferramenta computacional e sobre a obtenção dos dados utilizados no estudo;
- d) Capítulo 4: aplicação dos conceitos revisados, com a elaboração do *Data Warehouse* e criação dos gráficos do diagrama de Pareto e histograma com curva normal;
- e) Capítulo 5: conclusão do trabalho, discorrendo sobre os resultados obtidos.

2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica dos temas abordados neste trabalho, expondo os conceitos de Sistema Distribuição Elétrica e subestações, manutenção, histórico da manutenção, tipos de manutenção, *Business Intelligence (BI)*, *Data Warehouse* e modelagem dos dados.

2.1 Manutenção

A norma NBR 5462, responsável por definir os termos relacionados com a confiabilidade e manutenibilidade, conceitua manutenção como “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT, 1994, p.6).

Já o DICIO (2021) define manutenção como a “reunião daquilo que se utiliza para manter e/ou conservar alguma coisa, garantindo, assim, seu bom funcionamento: manutenção de máquinas; manutenção de ferramentas”.

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção existe atualmente para que não haja manutenção, neste caso a manutenção corretiva não planejada. Apesar de paradoxal os autores explicam que os profissionais da área cada vez mais precisam estar qualificados para evitar falhas e não para corrigi-las. No cenário de economia globalizada e altamente competitiva em que se encontram as empresas atualmente, tornou-se cada vez mais importante que a atividade de manutenção se integre de maneira eficaz no processo produtivo.

2.1.1 Breve histórico da manutenção

Kardec e Nascif (2009) consideram que a partir de 1930 a manutenção pode ser dividida em quatro gerações.

A primeira geração, segundo Kardec e Nascif (2009), é compreendida no período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados. Além disso, nessa época, não se realizava uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza e lubrificação e os reparos só ocorriam após a quebra, caracterizando uma manutenção, fundamentalmente, corretiva não planejada.

Já a segunda geração ocorreu entre os anos 50 e 70 do século vinte, durante a Segunda Guerra Mundial, período em que o contingente de mão de obra industrial foi reduzido sensivelmente. Em decorrência desse fato, houve um forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Percebeu-se, então, a necessidade de uma maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, o que levou o desenvolvimento do conceito de manutenção preventiva e a busca por meios de elevar a vida útil dos equipamentos (Kardec; Nascif, 2009).

A partir dos anos 70, segundo Kardec e Nascif (2009), entra-se na terceira geração, onde acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. Os autores descrevem que a paralisação da produção, que sempre diminuiu a capacidade de produção, aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos, ocasionando uma preocupação generalizada. Cada vez mais, as falhas provocavam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, e as exigências nessas áreas foram consolidadas de tal forma que as plantas que não atendessem aos padrões estabelecidos eram impedidas de funcionar. É nessa geração que se reforçaram o conceito e utilização da manutenção preditiva.

Para os autores Kardec e Nascif (2009), na quarta geração continuam existindo algumas expectativas à manutenção que estavam presentes na terceira geração e, com o objetivo de intervir cada vez menos nas plantas, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condição de equipamentos e dos processos são cada vez mais utilizadas.

A Figura 1 apresenta um resumo das características de cada geração.

Figura 1 – Evolução da Manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados

Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 5).

2.2 Subestações de Energia

No sistema elétrico, com a finalidade de modificar as características da energia elétrica, permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo com os níveis adequados, existe a subestação de energia. Com seus aparelhos e equipamentos a subestação é capaz de realizar manobras, proteção e transformação de tensão e corrente elétrica (FURNAS, 2021).

As subestações podem ser classificadas de acordo com suas funções:

- Subestação Emissora de Transmissão: esse tipo se encontra próximo às unidades geradoras de energia. Elas possuem transformadores elevadores que aumentam a classe de tensão permitindo a transmissão de energia com menores perdas por efeito joule e condutores de seções reduzidas;
- Subestação Receptora de Transmissão: ficam instaladas entre a geração e a distribuição, são utilizadas para realizar seccionamentos dos circuitos, isolar sistemas e interligar subestações de distribuição e de transmissão;
- Subestação de Distribuição: esse modelo encontra-se próximo às unidades consumidoras. Possui transformadores que abaixam a classe de tensão e distribuem a energia para os transformadores de distribuição e unidades consumidoras;
- Subestação Consumidora: são subestações que pertencem aos consumidores que, normalmente, são alimentados em média tensão e reduzem o nível de tensão para os adequados ao uso.

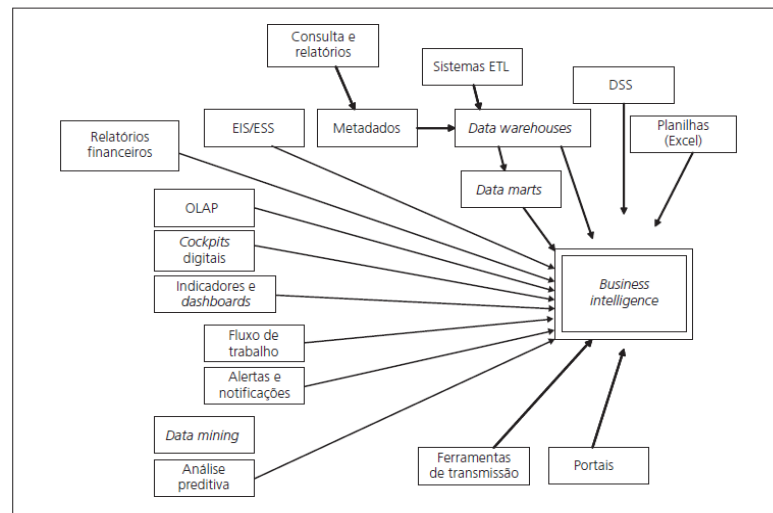
Podem ser classificadas também de acordo com sua classe de tensão:

- Baixa Tensão: operam com níveis de tensão inferiores a 1 kV;
- Média Tensão: operam com níveis de tensão entre 1 kV e 34,5 kV;
- Alta Tensão: operam com níveis de tensão entre 34,5 kV 230 kV;
- Extra Alta Tensão: operam com níveis de tensão superiores a 230 kV.

2.3 Business Intelligence

Em Turban et al (2009), o termo *Business Intelligence* (BI) é definido como sendo uma expressão que engloba diversos conceitos de arquitetura, ferramentas, bancos de dados, aplicações e metodologias, dessa forma, sendo livre de conteúdo e significando coisas diferentes para pessoas diferentes. A Figura 2 apresenta resumidamente os diversos conceitos que podem ser associados ao termo BI.

Figura 2 – Conceitos associados à *Business Intelligence*



Fonte: Turban et al (2009, p. 28).

Complementando o que foi dito por Turban et al (2009), Loh (2014, p.14) afirma que “BI é um processo que envolve métodos, técnicas, tecnologias, pessoas, informações, fontes de informações, métricas, ferramentas, etc.”, corroborando a ideia de que BI é um agregador de diversos conceitos.

O BI possui alguns objetivos principais, que são: garantir o acesso interativo aos dados, proporcionar a manipulação desses dados e suprir os gerentes e analistas de negócios da capacidade de realizar a análise adequada. Ao avaliarem os dados, situações e desempenhos históricos e atuais, os tomadores de decisão podem obter um lampejo valioso que serve como base para decisões melhores e mais informadas (TURBAN et al, 2009).

Loh (2014) argumenta que o maior objetivo do BI é encontrar as causas ou explicações para fatos e resultados. Não bastando, por exemplo, uma empresa saber quem é seu melhor vendedor, mas quais ações que ele toma que o tornam o melhor, para que estas práticas possam ser repassadas aos outros funcionários.

Segundo Turban et al (2009), o termo BI foi cunhado em meados da década de 1990 pelo *Gartner Group*. Porém, o conceito de BI teve início bem antes com os sistemas de geração de relatórios durante os anos de 1970. Estes sistemas eram estáticos, bidimensionais e não possuíam recursos de análise, já no início dos anos 1980, foi apresentado o conceito de sistemas de informações executivas. Esse conceito foi responsável por expandir o suporte informatizado aos gerentes e executivos de nível superior.

Alguns dos recursos apresentados foram sistemas de geração de relatórios dinâmicos multidimensionais (sob demanda), prognósticos e previsões, análise de tendências,

detalhamento, acesso a status e fatores críticos de sucesso. Após aparecerem em diversos produtos comerciais, esses recursos foram rerepresentados sob o nome de BI, a partir de meados de 1990 (TURBAN et al, 2009).

2.3.1 Self Service Business Intelligence

O *self service* BI consiste no desenvolvimento de sistemas que possibilitam à própria área de negócios operar os dados que precisa, calculando os indicadores e *dashboards* necessários, sem a necessidade de um contato direto com a equipe de tecnologia da informação (FAROL DATA ANALYTICS, 2017).

Para a implementação de *self service* BI na empresa obter sucesso algumas considerações devem ser levadas em conta, primeiramente deve existir um bom planejamento estratégico de BI. Os usuários devem ter acesso às bases de dados, e a fonte para essas bases deve ser única, de forma a evitar inconsistências nas informações e retrabalhos. Em segundo lugar, deve existir um treinamento, tanto para os funcionários que irão elaborar e divulgar os indicadores e *dashboards*, como para quem for receber e avaliar essas informações (UAISMART GESTÃO ESTRATÉGICA DA INFORMAÇÃO, 2020).

2.4 Arquitetura de um ambiente de Business Intelligence

Os autores Kimball e Ross (2013), consideram que o ambiente de BI deve ser separado em quatro componentes distintos: sistemas transacionais (fontes de dados), sistema de *Extract, Transformation and Load* (ETL), *Data Warehouse* (DW) e aplicações de BI.

2.4.1 Sistemas Transacionais

Os sistemas transacionais são responsáveis por armazenar os dados referentes às operações diárias da empresa. Esses sistemas priorizam a performance de processamento e a disponibilidade. As consultas a essas fontes são realizadas uma por vez e não se preocupam em manter dados históricos, função que fica a cargo do DW. Os sistemas transacionais geralmente são isolados, de uso específico, não compartilham dados com outros setores da empresa e não são acessíveis aos usuários (KIMBALL e ROSS, 2013).

2.4.2 Sistema Extract, Transformation and Load

O sistema ETL é considerado como tudo que existe entre os sistemas transacionais e o DW, Kimball e Ross (2013) definem as três etapas deste sistema da seguinte forma:

- *Extract* (Extração): é a primeira etapa do processo. Essa função é responsável por ler os dados dos sistemas transacionais e copiar apenas o que for necessário para ser manipulado mais a frente pelas outras etapas do sistema ETL. A partir desse ponto os dados copiados nessa etapa são considerados pertencentes ao DW.
- *Transformation* (Transformação): após a extração dos dados, diversas transformações podem ser feitas, como limpar os dados extraídos (corrigir erros de ortografia, resolver o problema de elementos perdidos, ou realizar a adaptação dos dados para formatos padronizados), eliminação de dados duplicados e combinar dados de múltiplas fontes.
- *Load* (Carga): por fim, após as eventuais transformações os dados são estruturados fisicamente e carregados nos modelos dimensionais de destino no DW. Pois, a principal função do sistema ETL é entregar à etapa de DW as tabelas fato e dimensão.

2.4.3 Data Warehouse

Esta é a área onde os dados, após passarem pelo processo de ETL, são organizados, armazenados e ficam disponíveis para consultas dos usuários, criadores de relatórios e outras aplicações analíticas de BI (KIMBALL e ROSS, 2013).

Para Turban et al (2009), DW é um conjunto de dados orientados por assunto, integrados, variáveis no tempo e não-voláteis que foram reunidos com o propósito de oferecer suporte aos tomadores de decisões.

Um DW pode ser constituído de *Data Marts* (DM), que são menores e são mais específicos em uma área temática, por exemplo, vendas e *marketing*. Quando um DM é um subconjunto direto de um DW, passa a ser chamado de *Data Mart* dependente, tendo como principal vantagem a garantia de modelos de dados consistentes, e dados de qualidade oriundos

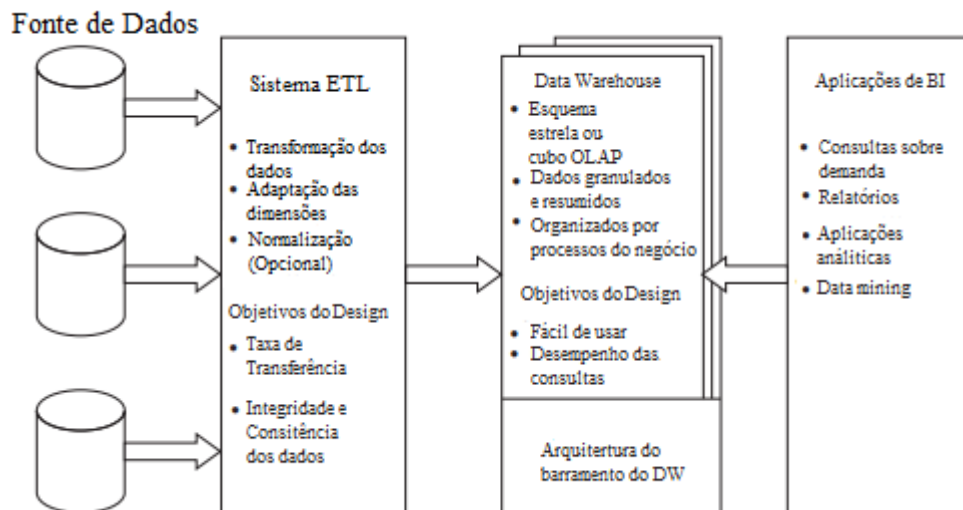
do DW. Porém, um DM dependente apresenta o seu custo como um limitante para sua implementação e, dessa forma, as empresas optam pelo DM independente, que é uma solução com custo e escala reduzidos, em comparação com a anterior, projetada para uma unidade estratégica ou um departamento e seus dados não provem de um DW (KIMBALL e ROSS, 2013).

2.4.4 Aplicações de Business Intelligence

Para Turban et al (2009), as aplicações de BI, podendo ser chamadas de análise de negócios, são uma ampla categoria de aplicações e técnicas para agrupar, armazenar, analisar e fornecer acesso aos dados, com a missão de auxiliar os usuários da empresa a tomarem melhores decisões comerciais e estratégicas. Turban et al (2009, p. 105) informam que as aplicações para análise de negócios mais avançadas “incluem atividades como modelagem financeira, orçamentos, alocação de recursos e inteligência competitiva.”

A Figura 3 apresenta um resumo desses quatro componentes.

Figura 3 – Arquitetura de um ambiente de BI



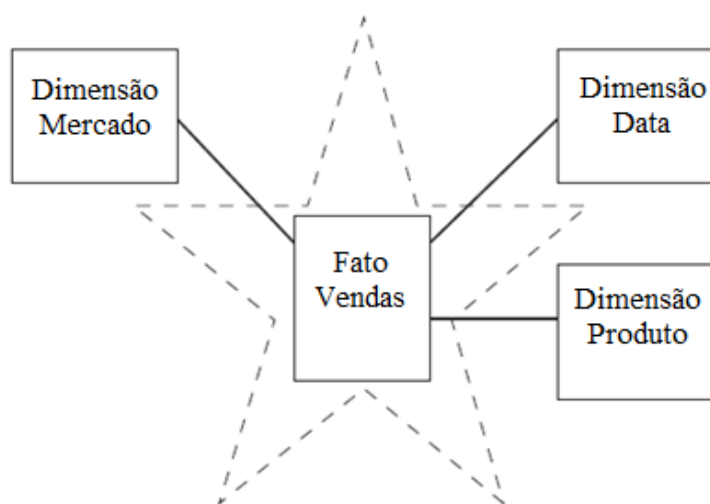
Fonte: Adaptado de Kimball e Ross (2013, p. 19).

2.4.5 Modelagem dimensional dos dados

A modelagem dimensional é um sistema fundamentado em recuperação capaz de permitir acessos com alto volume de consultas. É por meio do esquema estrela que a modelagem dimensional é implementada. O esquema oferece tempo extremamente rápido de respostas a consultas. A Figura 4 apresenta um exemplo de um esquema estrela. Esse esquema é composto por várias tabelas de dimensão que cercam uma tabela de fatos central (TURBAN et al, 2009).

- Tabela Fato: Contém diversas linhas que são associadas aos negócios ou fatos observados. Ela possui os atributos da análise de decisão que são, por exemplo, as várias medidas de desempenho e métricas operacionais;
- Tabelas Dimensão: Possuem informações para a classificação e agregação sobre os atributos contidos na tabela de fatos central, e são vinculados a esta através de chaves externas.

Figura 4 – Exemplo de um Esquema Estrela



Fonte: Adaptado de Kimball e Ross (2013, p. 9).

2.5 Considerações Finais

Realizou-se uma revisão dos principais conceitos que foram necessários para elaboração deste trabalho, como a teoria sobre *Data Warehouse*, *self-service BI* e modelagem dimensional dos dados. Além de uma recapitulação sobre subestações de energia o que permite uma melhor compreensão do caso estudado.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada, como foi feita a obtenção dos dados e as ferramentas computacionais escolhidas para a elaboração deste trabalho.

3.1 Obtenção dos Dados

Este trabalho se utilizou da mesma base de dados utilizado no estudo elaborado por Muniz (2020), que realizou um estudo sobre a gestão da qualidade no setor de manutenção em subestações de alta tensão. Os dados foram colhidos pela autora citada, com a permissão de uma concessionária de distribuição de energia elétrica, a partir do sistema interno que gerencia as ordens de trabalho (OT) das equipes de manutenção da empresa. Os dados foram armazenados em planilhas do Excel, e cada OT possui as seguintes informações:

- Número da OT: Número único que permite a identificação de cada OT;
- Data de Geração: Data de geração da OT no sistema;
- Data Real Início: Data do início da execução da OT;
- Data Real Fim: Data de conclusão da OT;
- Instalação: Apresenta a sigla da subestação onde será realizada a atividade;
- Equipamento: Apresenta o código do equipamento que sofrerá intervenção;
- %Avanço: Apresenta uma pequena descrição da atividade que será realizada.

O tratamento dos dados apresentou algumas dificuldades, por exemplo;

- A existência de OT's duplicadas para mesma intervenção;
- Mais de um tipo de intervenção por OT;
- Mais de um equipamento por OT;
- Falta de padronização nas descrições das intervenções.

3.2 Escolha da Ferramenta Computacional

O *Gartner Group*, empresa de consultoria criada por Gideon Gardner em 1979, é ligada à área de tecnologia, com foco em criar conhecimento por meio de pesquisas, consultorias, eventos e levantamento de soluções para que seus clientes tomem decisões mais embasadas todos os dias. O principal produto da empresa é o quadrante mágico de Gartner, esse produto é uma representação gráfica do mercado tecnológico por determinado período (OP SERVICES, 2016). A Figura 5 apresenta o quadrante mágico de Gartner para plataformas de *analytics* e BI.

São avaliadas 12 áreas de capacidade críticas, que são segurança, capacidade de gerenciamento, analítica de nuvem, conectividade com fonte de dados, preparação dos dados, catálogo, *insights* automatizados, visualização dos dados, narrativa com dados, consulta com linguagem natural, geração de linguagem natural e relatórios (Gartner Group, 2021). No quadrante de líderes é onde se encontram as empresas com as tecnologias mais avançadas.

Figura 5 – Quadrante Mágico para plataformas de *Analytics* e *Business Inteligence*



Fonte: Gartner Group (2021).

A Microsoft, em 2021, foi posicionada pelo 14º ano seguido como uma das empresas líderes no quadrante mágico de Gartner para plataformas de *analytics* e BI e pelo 3º ano, está posicionada no canto mais superior a direita no quadrante de líderes (Urag, 2021).

A ferramenta da Microsoft, o Power BI, possui fácil integração com base de dados oriundas do programa Excel, também da Microsoft, o que, neste trabalho, é um ponto bastante importante já que os dados utilizados aqui encontram-se em planilhas do Excel.

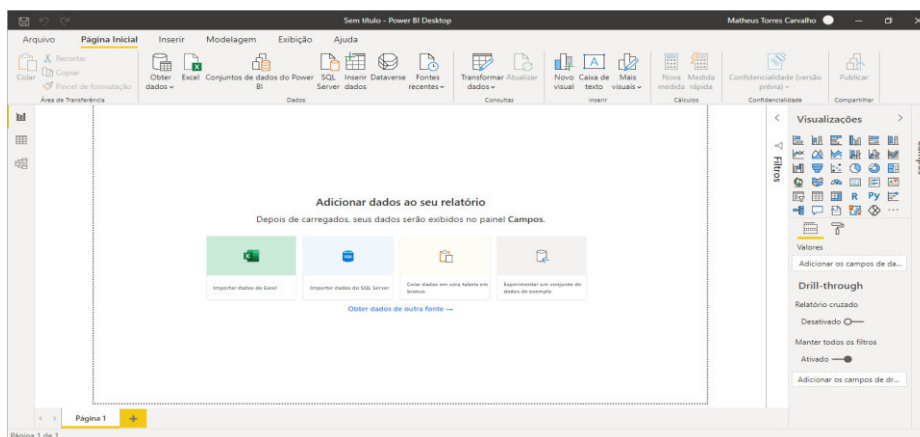
O Power BI possui uma interface intuitiva que permite ao usuário iniciante a rápida criação de visualizações e relatórios. Além destas vantagens, o Power BI possui uma versão gratuita, o Power BI Desktop, que contém todas as funcionalidades para análise e visualização dos dados das versões pagas, a sua diferença para estas é o tamanho da base de dados que deve ser de no máximo 10 Gigabytes e o compartilhamento dos relatórios e painéis que não pode ser feito online.

Diante das características apresentadas, decidiu-se adotar neste trabalho a ferramenta da Microsoft, o Power BI Desktop.

3.2.1 Microsoft Power BI Desktop

O Power BI Desktop é uma ferramenta que permite o tratamento de dados, desenvolvimento de análises, de relatórios e de *dashboards*, que auxiliam a tomada de decisão. Uma característica importante do programa é a baixa curva de aprendizagem. A Figura 6 apresenta a tela inicial do Power BI Desktop.

Figura 6 – Tela inicial do Power BI Desktop

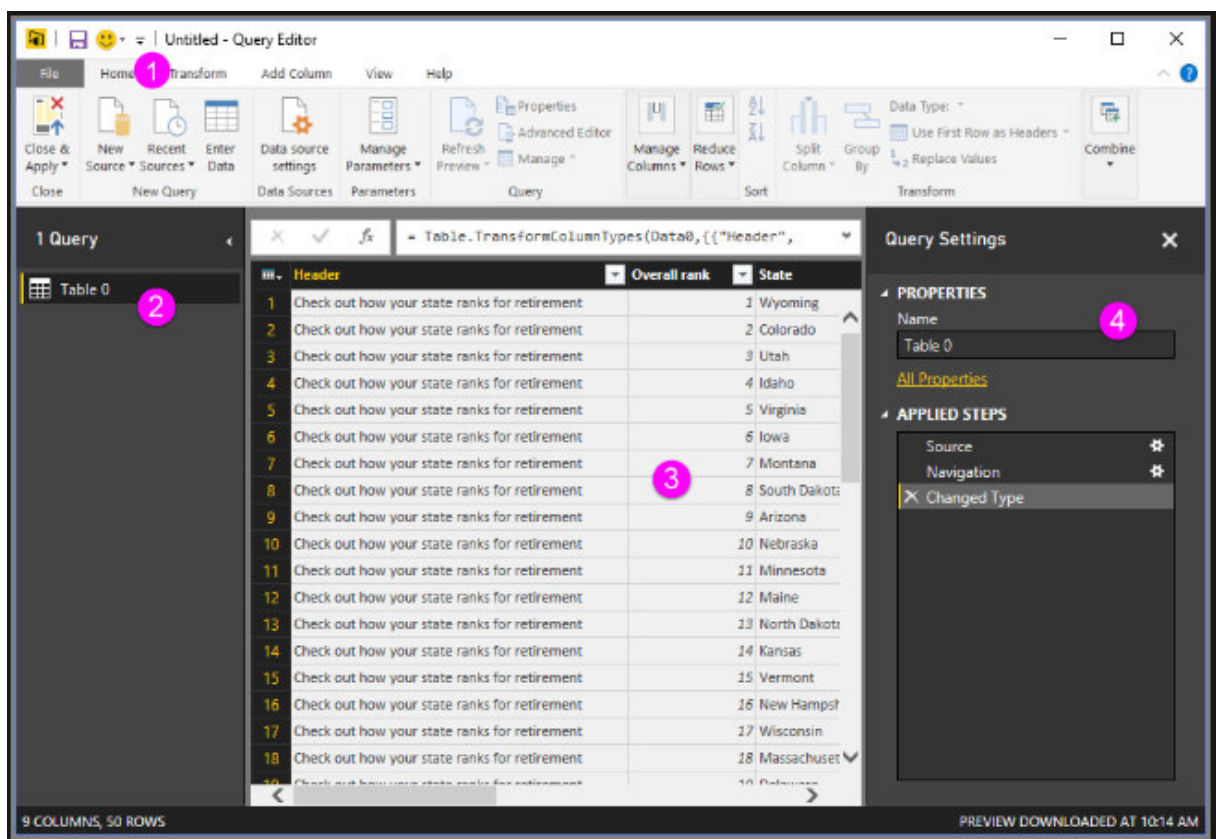


Fonte: O autor.

A ferramenta é composta por 3 suplementos que tiveram origem no Excel e foram portados para o Power BI, o Power Query, o Power Pivot e Power View.

- Editor Power Query: o editor Power Query permite a conexão de uma ou diversas fontes de dados, formatar e transformar os dados para, em seguida, carregar esses modelos de dados no Power BI Desktop. A Figura 7 apresenta um exemplo de tela do editor Power Query.

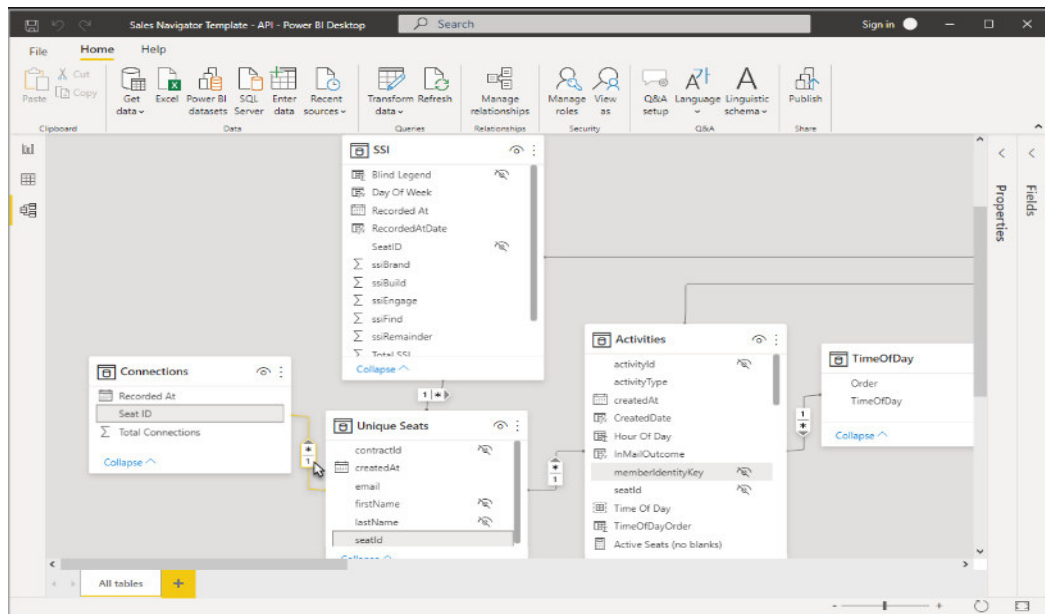
Figura 7 – Tela do editor Power Query



Fonte: Microsoft, 2020a

- Editor Power Pivot: permite o gerenciamento e modificação das relações que foram estabelecidas entre os dados do modelo e apresenta uma reprodução gráfica dessas relações. A Figura 8 apresenta um exemplo da tela do Power Pivot.

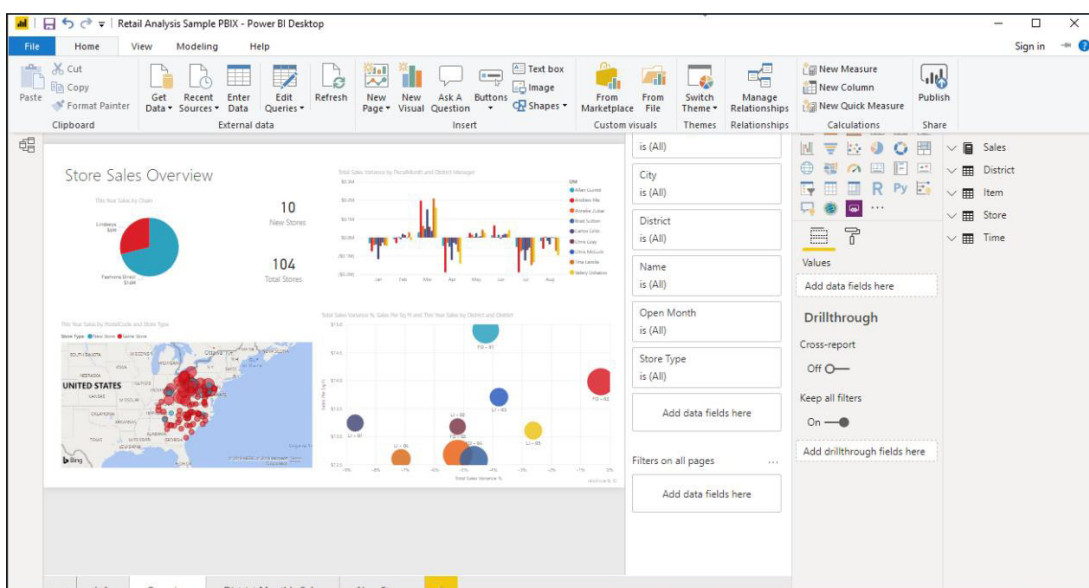
Figura 8 – Tela do editor Power Pivot



Fonte: Microsoft, 2021

- Editor Power View: ferramenta responsável elaborar os relatórios com gráficos, tabelas e diversos outros recursos visuais que facilitem a compreensão do problema analisado. É no Power View, também, que os relatórios criados podem ser compartilhados com outras pessoas. A Figura 9 apresenta um exemplo da tela do Power View.

Figura 9 – Tela do editor Power View



Fonte: Microsoft, 2020b.

3.3 Metodologia Business Intelligence

Este trabalho faz uso da metodologia BI para elaborar um ambiente virtual que auxilie os gestores de manutenção na análise dos indicadores chaves e por consequência na sua tomada de decisão. Os conhecimentos de BI utilizados estão explanados no Capítulo 2 deste trabalho.

A aplicação da metodologia BI, explorada no capítulo 4, será dividida em três etapas.

- Análise do problema, determinação dos indicadores e desenvolvimento do modelo dimensional: Identificação das principais questões que devem ser respondidas e quais indicadores ajudarão a respondê-las e, em seguida, determinar quais informações do banco de dados devem ser extraídas e distribuí-las em tabelas de dimensões e tabela fato;
- Preparação do *Data Warehouse*: Realizar o processo de ETL e de construção do *Data Warehouse*;
- Criação de *Dashboards*: Nessa etapa será realizada a análise e criação das visualizações e dos indicadores;

3.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou informações acerca da ferramenta computacional utilizada, como os dados usados no estudo foram obtidos e como a metodologia de BI será aplicada. Dessa forma, com a base teórica do capítulo 2, o Power BI e os dados apresentados, pode-se pôr em prática o estudo no capítulo 4.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do ambiente de BI utilizando os conceitos de criação de *Data Warehouse* e Modelagem dimensional.

4.1 Apresentação do problema e determinação das ferramentas

4.1.1 Apresentação do problema

Conforme abordado no capítulo 3, este estudo é realizado com base em uma concessionária de energia elétrica e dos diversos processos que compõem a empresa escolheu-se a área de manutenção de subestações como ponto focal do estudo. No setor de manutenção as ordens de manutenção são geradas, baseadas nas falhas e ocorrências dos equipamentos das diversas subestações da concessionária, que serão repassadas às equipes de campo. A base de dados apresenta mais de dez mil ordens de trabalho no período de 2016 à 2019, demonstrando que o gerente de manutenção está submetido a uma elevada quantidade de informações e que a tarefa de coordenar as intervenções nas subestações é difícil.

Dessa forma busca-se, por meio da aplicação da metodologia de BI, fazer uso dessa massa de dados acumulada para que as decisões que o gerente de manutenção deve tomar sejam baseadas em informações sólidas e que resultem na melhor aplicação dos recursos disponíveis.

4.1.2 Ferramentas utilizadas

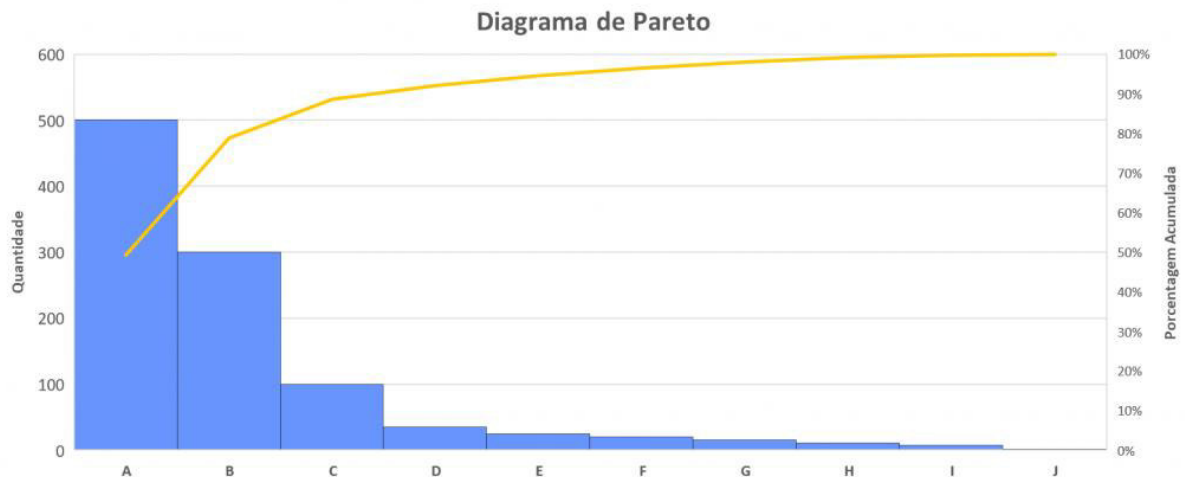
Para auxiliar a tomada de decisão do responsável pela manutenção das subestações, foram adotadas as seguintes ferramentas:

- Diagrama de Pareto:

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade utilizada quando se deseja evidenciar a importância relativa entre vários problemas, facilitando a identificação da causa de um problema ou a descoberta de uma solução. Ele auxilia no direcionamento da atenção e esforços para os problemas mais que ocorrem com mais frequência, a ferramenta se baseia no princípio de

Pareto ou regra dos 80/20 que afirma que 80% dos problemas são ocasionados por 20% das causas (FAESARELLA, SACOMANO e CARPINETTI, 2006). A Figura 10 apresenta um exemplo de um Diagrama de Pareto.

Figura 10 – Diagrama de Pareto



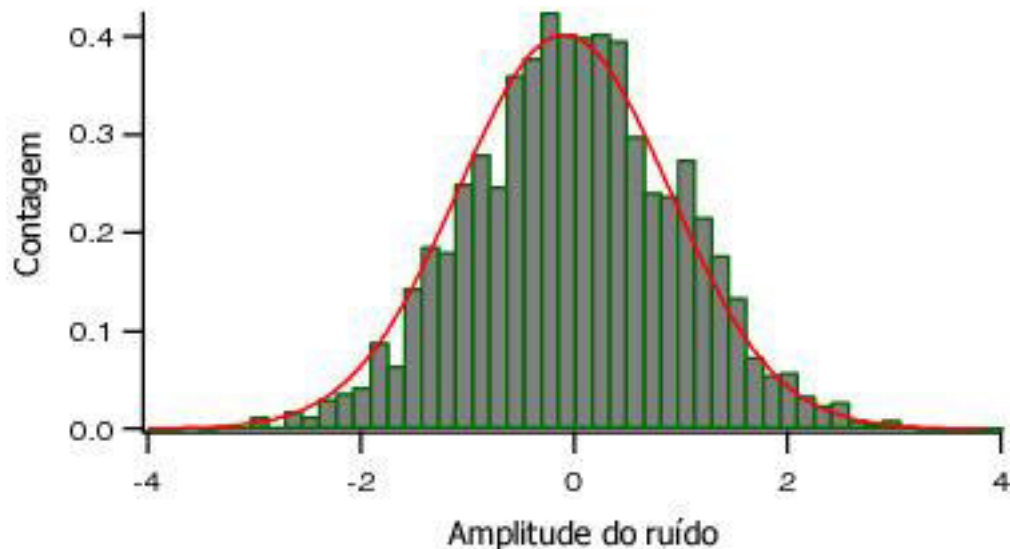
Fonte: Real Valor, 2020.

- Histograma e Curva Normal:

Histograma é uma ferramenta estatística usada no controle de qualidade. Ele é feito de um gráfico de barras, que representa a relação entre intervalos de valores que a variável estudada assume ao longo do processo e a quantidade de vezes em que os valores correspondentes a esses intervalos são observados. Um histograma tem finalidade de mostrar a forma de distribuição e, especialmente, estabelecer se as medidas de determinado item têm distribuição aparentemente normal (NETO et al, 2017). Já a distribuição normal é considerada a distribuição de probabilidade mais importante, pois permite modelar uma infinidade de fenômenos naturais e, além disso, possibilita realizar aproximações para calcular probabilidades de muitas variáveis aleatórias que têm outras distribuições (CARMO, 2021). A Figura 11 apresenta um exemplo de um histograma com curva normal.

Figura 11 - Exemplo de Histograma com curva normal

Histograma do ruído e função e aproximação



Fonte: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2022.

4.2 Preparação do *Data Warehouse*

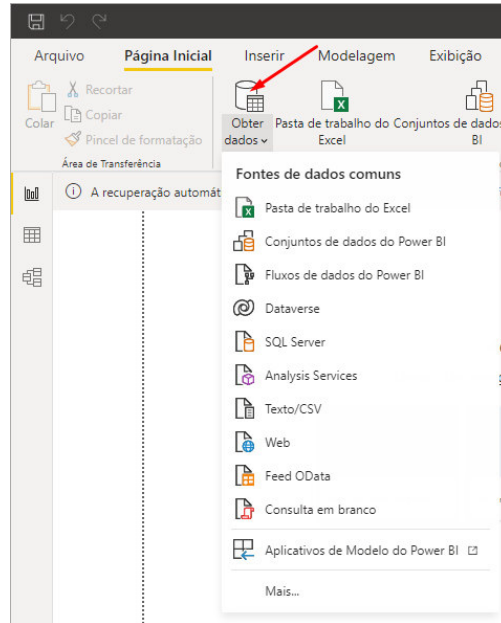
O conjunto de dados utilizados se encontravam em planilha do Microsoft Excel e, como informado no capítulo 3, estes apresentavam alguns problemas que necessitavam de tratamento antes de executar as etapas de ETL e ficarem prontos para servirem como banco de dados para o *Data Warehouse*, assim no próprio Excel, foram excluídas OT's duplicadas, OT's com mais de um equipamento foram divididas para que fosse possível contabilizar de forma correta o número de falhas por equipamento e condicionais foram aplicados para extrair do campo %Avanço, onde existe uma pequena descrição do problema, os diversos tipos de falhas. Após esse tratamento inicial foi dado início às etapas de ETL.

4.2.1 *Etapa Extract*

No Power BI, devido sua proposta de ser um software para *self-service BI*, a etapa de *extract* é bastante simples. Para importar uma base de dados basta clicar no item apresentado na Figura 12, nesta figura é possível notar também algumas origens possíveis para os dados. Em seguida, após selecionar o tipo de fonte de dados "Pasta de trabalho do Excel", a tela

exemplificada na Figura 13 é apresentada, onde é possível visualizar e transformar os dados antes da conclusão da importação.

Figura 12 – Importar dados



Fonte: O autor.

Figura 13 – Tela de pré-visualização

Navegador

Opções de Exibição

- Massa de dados consolidado 2016 a 2019.xlsx...
- Banco de dados
- consolidado 24.09.18 à 31.12.19

Tabelas Sugeridas [2]

- consolidado 24 09 18 à 31 12 19
- Banco de dados (2)

Banco de dados

OT	Trabalho	Depto Solic	Sít	D
2029673	SED CLN CHAVE 32CS-4	8330		5
2030329	SED VRJ CHAVES 32F1-4/32F1-5 DESREGULADAS	8330		5
1982373	SED DID CHAVE 32F4-6	8330		5
1950079	SED BMS CHAVE 32F5-7.	8330		5
2108731	SED MRG CHAVES 32F6-4/32F6-5	8330		5
1909661	SED DID CHAVE 32I1-4	8330		5
1970923	SED ESB - 32L1-5	8330		5
1918795	SED CTO CHAVE 32M1-5	8330		5
1926525	SED 32M3-6	8330		5
1950081	SED BMS CHAVE 32N3-7	8330		5
1950087	SED BMS CHAVE 32N3-7	8330		5
1975979	SED DIG - 32P5-4	8330		5
1992533	SED ESB - 32S5-5	8330		5
2288619	SED AQZ CHAVE 32T2-4	8330		5
2071679	SED PCI CHAVE 32T2-5	8330		5
2016947	SED PAP 01B1	8330		5
2053255	SED MSD 01B1	8330		5
2055585	SED MSD 01B1	8330		5
2055745	SED IAB 01B1	8330		5
2058963	SED PSK 01B1	8330		4

Os dados na visualização foram truncados devido ao limite de tamanho.

Carregar Transformar Dados Cancelar

Fonte: O autor.

4.2.2 Etapas Transform e Load

Na tela apresentada na Figura 13, seleciona-se a opção transformar, em seguida surge a tela do Power Query capturada na Figura 14, onde é possível alterar os dados de diversas forma, como a limpeza de linhas com dados faltando e a eliminação de linhas duplicadas. Como parte destas transformações foram executadas previamente na própria fonte de dados, foi realizada apenas a exclusão de colunas auxiliares que não seriam utilizadas. Transformações também são possíveis após o carregamento dos dados.

Ao concluir as transformações seleciona-se o botão “Fechar e Aplicar” para salvá-las. Retornando à tela da Figura 13 escolhe-se a opção “Carregar” para fazer a carga dos dados e com isso concluindo as etapas de ETL.

Figura 14 – Tela do Power Query

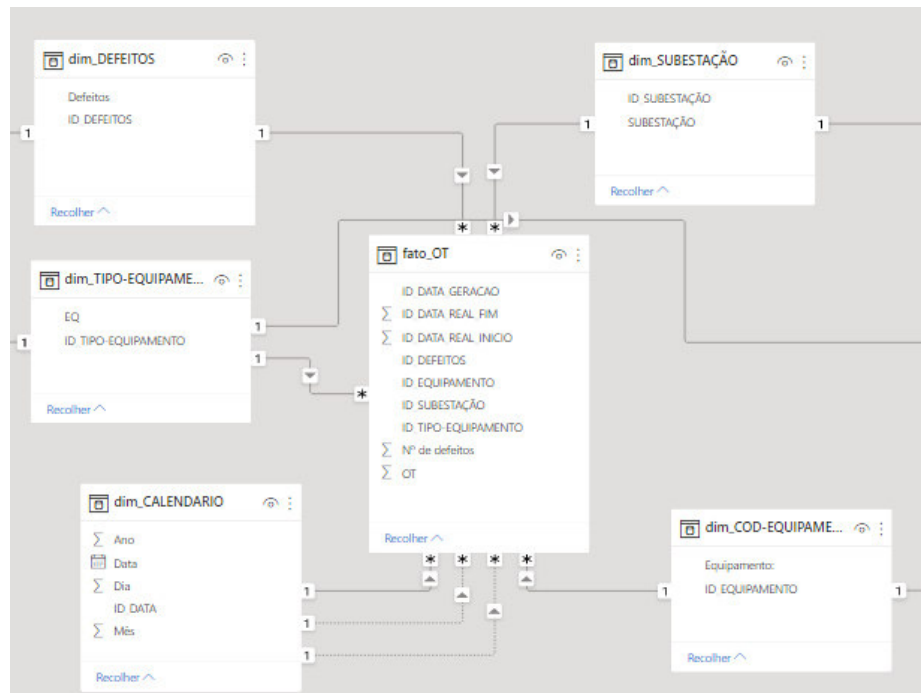
OT	Trabalho	Depto Solic	Sit	Data Geração
1	2029673 SED CLN CHAVE 32CS-4	8330	5	30/08/20
2	2030329 SED VRI CHAVES 32F1-4/32F1-5 DESREGULAD...	8330	5	01/09/20
3	1982373 SED DID CHAVE 32F4-6	8330	5	13/06/20
4	1950079 SED BMS CHAVE 32F5-7	8330	5	14/04/20
5	2108731 SED MRG CHAVES 32F6-4/32F6-5	8330	5	26/12/20
6	1909661 SED DID CHAVE 32I1-4	8330	5	20/01/20
7	1970923 SED ESB - 32L1-5	8330	5	23/05/20
8	1918799 SED CTO CHAVE 32M1-5	8330	5	11/02/20
9	1926525 SED 32MS-6	8330	5	26/02/20
10	1950081 SED BMS CHAVE 32N3-7	8330	5	14/04/20
11	1950087 SED BMS CHAVE 32N3-7	8330	5	14/04/20
12	1975979 SED DIG - 32P5-4	8330	5	01/06/20
13	1992533 SED ESB - 32S5-5	8330	5	30/06/20
14	2288619 SED AQZ CHAVE 32T2-4	8330	5	07/11/20
15	2071679 SED PCI CHAVE 32T2-5	8330	5	13/11/20
16	2016947 SED PAP 01B1	8330	5	10/08/20
17	2053255 SED MSD 01B1	8330	5	10/10/20
18	2055585 SED MSD 01B1	8330	5	14/10/20
19	2055749 SED JAB 01B1	8330	5	14/10/20
20	2058963 SED PSK 01B1	8330	4	20/10/20
21	2113705 SED DID 01B1	8330	5	04/01/20
22	2115653 SED DID 01B1	8330	5	06/01/20
23	2173997 SED MRG 01B1	8330	5	25/04/20
24				

Fonte: O autor.

4.3 Modelagem dos dados

Para a modelagem dimensional dos dados, fez-se uso do esquema estrela, na Figura 15 é apresentado esquema estrela deste projeto.

Figura 15 – Modelo dimensional



Fonte: O autor.

Na Figura 15, tem-se a tabela `fato_OT`, onde estão armazenadas a única métrica, que é o número de defeitos, e as chaves estrangeiras que conectam a métrica com as tabelas de dimensão. Já as tabelas `dim_DEFEITOS`, `dim_TIPO-EQUIPAMENTOS`, `dim_SUBESTAÇÃO`, `dim_COD-EQUIPAMENTOS` e `dim_CALENDARIO`, representam a granularidade e de que formas podem ser classificadas a métrica. A modelagem dos dados foi feita após o processo de ETL no Power BI, utilizando-se o editor Power Pivot. A partir dessa modelagem, pode-se elaborar as *dashboards*, baseando-se nas ferramentas mencionadas no item 4.2.2.

4.4 Criação dos *Dashboards*

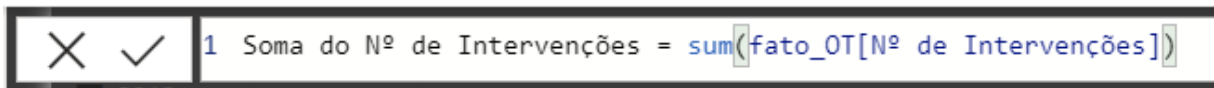
A criação dos *Dashboards* é a etapa final no desenvolvimento de um ambiente de BI. Com os *Data Warehouse* montado, e a modelagem dimensional dos dados concluída, cria-se a apresentação das ferramentas e métricas escolhidas.

4.4.1 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto será utilizado para identificar os 20% tipos de falhas que são responsáveis por 80% das intervenções nos equipamentos estudados. Para a criação do diagrama no Power BI, é necessário criar um gráfico de barras com o número de intervenções para cada tipo de falha.

Inicialmente, é feito o somatório do número de intervenções localizados na tabela fato_OT. Esse passo é realizado utilizando-se a linguagem DAX do Power BI. A expressão é apresentada na Figura 16.

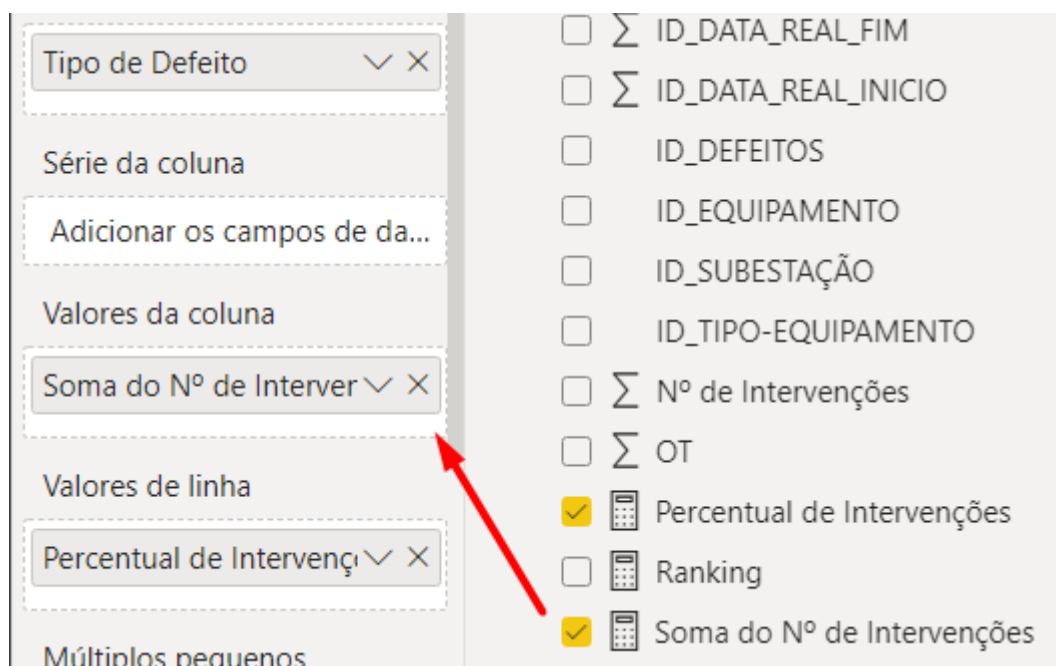
Figura 16 - Expressão DAX para o somatório do número de intervenções



Fonte: O autor.

Para criar um gráfico de colunas no Power BI basta selecionar o tipo “Gráfico de colunas agrupadas e linha” no painel de “Visualizações”, em seguida, basta arrastar os dados desejados do painel “Campos” para os espaços dos eixos x e y no painel “Visualizações”, mostrado na Figura 17.

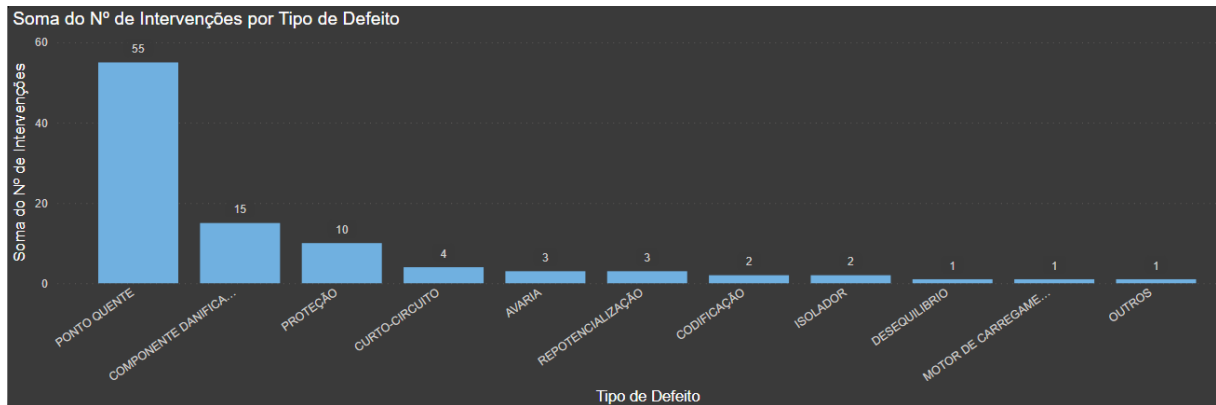
Figura 17 - Exemplo de adição de valores aos eixos do gráfico



Fonte: O autor.

Na Figura 18 é apresentado o gráfico de barras que mostra de forma decrescente os tipos de defeitos de acordo com o número de intervenções.

Figura 18 - Soma do número de intervenções por tipo de defeito



Fonte: O autor.

Em seguida, é necessário criar a curva que representará a porcentagem acumulada do número de intervenções. Primeiro, é criada uma nova medida que será chamada “Ranking”, que será responsável por ordenar em ordem decrescente os tipos de defeitos de acordo com o número de intervenções. A Figura 19 mostra como é calculada essa medida.

Figura 19 - Medida Ranking

```

1 Ranking =
2     VAR SomaIntervencoes = [Soma do Nº de Intervenções]
3     VAR TipDefeitoRank =
4         RANKX (
5             | ALLSELECTED ( 'dim_DEFEITOS' ),
6             | [Soma do Nº de Intervenções]
7         )
8     VAR Result =
9         IF (
10            | NOT ISBLANK ( SomaIntervencoes ),
11            | TipDefeitoRank
12        )
13     RETURN
14     Result
15

```

Fonte: O autor.

A expressão DAX cria a variável “SomaIntervencoes”, que receberá a soma do número de intervenções, a variável “TipDefeitoRank”, que ordena a tabela dim_DEFEITOS de

acordo com o somatório do número de intervenções e a variável “Result”, que verifica se o somatório de intervenções daquele tipo de intervenção não é zero e, caso essa condição seja atendida, a variável “Result” recebe o valor de “TipDefeitoRank”. Ao fim, é retornado o valor de “Result” para a medida “Ranking”.

Em seguida, é feito o cálculo do acumulado do número de intervenções de acordo com a medida “Ranking” criada anteriormente. A Figura 20 apresenta a expressão DAX que mostra como o acumulado foi calculado.

Figura 20 - Medida Acumulado

```
1 Acumulado = CALCULATE([Soma do Nº de Intervenções],
  TOPN([Ranking],ALL(dim_DEFEITOS[Tipo de Defeito]),[Soma do Nº de Intervenções]))
```

Fonte: O autor.

Nessa medida, é utilizada a função “CALCULATE” que realiza um somatório linha a linha de acordo com uma condição, essa condição a qual é dada pela função “TOPN”, que retorna uma tabela com os n primeiros valores da medida “Ranking”. Por exemplo: na primeira iteração, “CALCULATE” calculará apenas o valor do primeiro item com o maior número de intervenções, já que a função “TOPN” retornará uma tabela apenas com o primeiro colocado. Já na segunda iteração, “TOPN” irá retornar os dois primeiros itens da medida “Ranking”, e “CALCULATE” fará o cálculo do acumulado com esses dois itens e assim continuará até a última posição da medida “Ranking”.

Por fim, é calculado o percentual de cada valor da medida “Acumulado” para o número total de intervenções. Na Figura 21 é mostrado como foi realizado esse cálculo.

Figura 21 - Medida Percentual de Intervenções

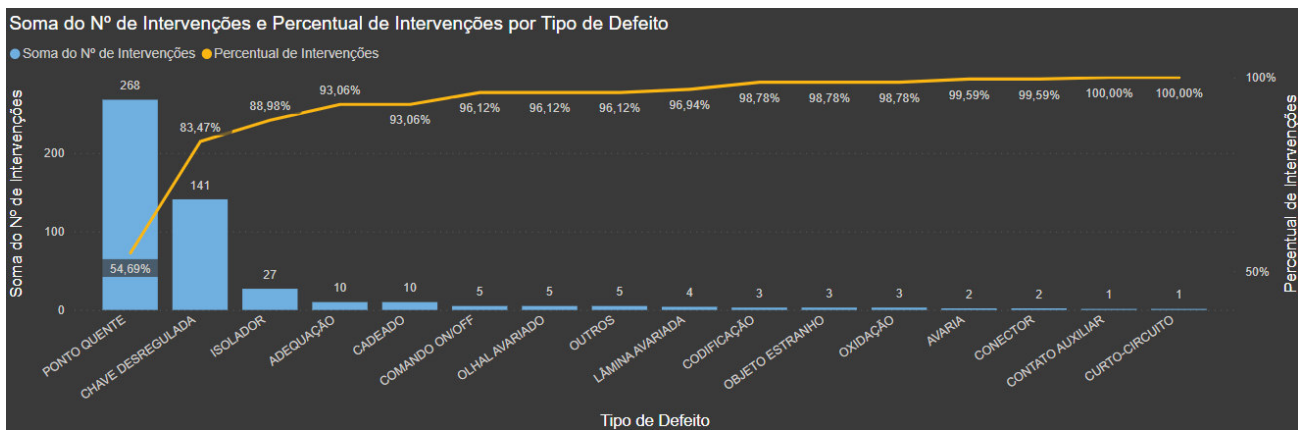
```
1 Percentual de Intervenções =
2 var vTotalFixo = CALCULATE([Soma do Nº de Intervenções],ALL(dim_DEFEITOS[Tipo de Defeito]))
3 return
4 DIVIDE([Acumulado],vTotalFixo)
```

Fonte: O autor.

Primeiro, é criada a variável “vTotalFixo”, que receberá o número total de intervenções e, por fim, é feita a divisão de cada valor da medida “Acumulado” por “vTotalFixo”.

Com o percentual de intervenções calculado, o diagrama de Pareto pode ser concluído. A Figura 22 apresenta, como exemplo, a versão final do diagrama de Pareto das intervenções nas chaves seccionadoras para o ano de 2016. Nesse gráfico, o gestor de manutenção poderia identificar que ponto quente e chave desregulada são os responsáveis por mais de 80% das intervenções em chaves seccionadoras em 2016, permitindo tomar uma ação específica contra essas causas.

Figura 22 - Diagrama de Pareto Completo



Fonte: O autor.

4.4.2 Histograma e Curva de Gauss

Com o histograma, junto a curva de Gauss, pode-se identificar os equipamentos que apresentaram uma quantidade de intervenções acima do “aceitável”, acima de dois desvios padrões estando fora de, aproximadamente, 95% do conjunto. Primeiro, será criado o histograma, sendo necessário agrupar os equipamentos de acordo com o seu número de intervenções. A Figura 23 apresenta como foi calculada essa medida.

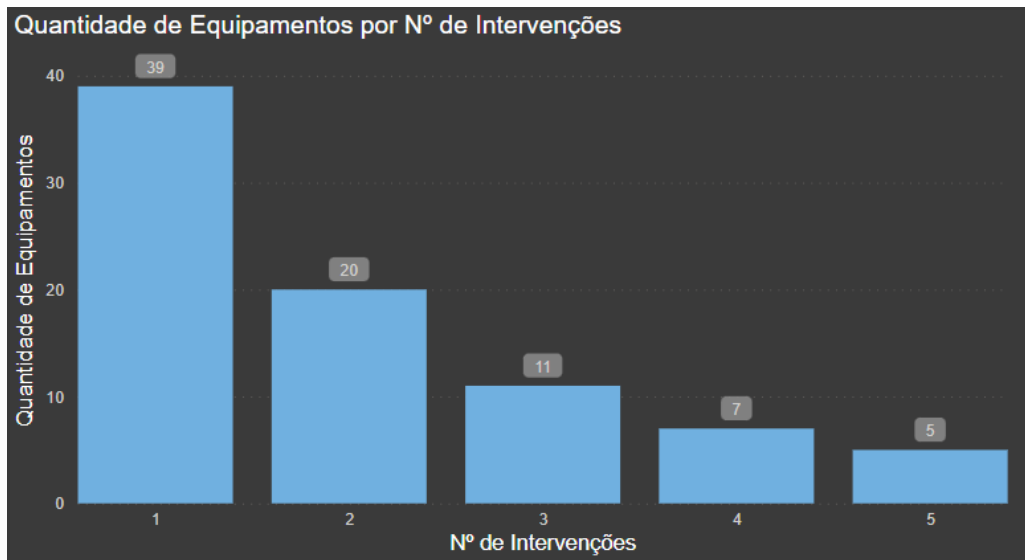
Figura 23 - Medida para histograma

```
1 hist = CALCULATE(SUM(Test[DEFEITOS]), ALL(Except(Test, Test[ID_EQUIPAMENTO], Test[ID_SUBESTAÇÃO], Test[ID_TIPO-EQUIPAMENTO], Test[Ano])))
```

Fonte: O autor.

Essa expressão DAX retornará a soma das intervenções de cada equipamento de acordo com os filtros utilizados, como o tipo de equipamento, o código do equipamento e a subestação a qual ele pertence. Em seguida, adiciona-se essa medida ao gráfico de barras como mostrado no tópico 4.5.1. Na Figura 24 é apresentado um exemplo do resultado.

Figura 24 - Exemplo de Histograma



Fonte: O autor.

Após a confecção do histograma, realiza-se a elaboração da curva de Gauss. Para isso, inicialmente, é calculada a média aritmética, conforme cálculo apresentado na Figura 25 apresenta esse cálculo.

Figura 25 - Cálculo da Média

```
1 media = CALCULATE(AVERAGE(Test[hist]),ALLEXCEPT(Test,Test[ID_EQUIPAMENTO],Test[ID_SUBESTAÇÃO],Test[Ano],Test[ID_TIPO-EQUIPAMENTO]))
```

Fonte: O autor.

A média é calculada utilizando-se filtros e uma função DAX, “AVERAGE”. A partir desse valor, é calculado o desvio padrão, conforme apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Cálculo do Desvio Padrão

```
1 Desvio Padrão = CALCULATE(STDEV.P(Test[hist]),ALLEXCEPT(Test,Test[ID_EQUIPAMENTO],Test[ID_SUBESTAÇÃO],Test[Ano],Test[ID_TIPO-EQUIPAMENTO]))
```

Fonte: O autor.

Novamente, fazendo uso de uma função “STDEV.P”, e adicionando os filtros necessários, obtêm-se o valor desejado. Por fim, com o valor da média e do desvio padrão pode-se calcular a distribuição normal e a curva de Gauss. A Figura 27 mostra como a distribuição normal foi calculada, utilizando-se uma função “NORM.DIST” do Power BI e os valores calculados anteriormente.

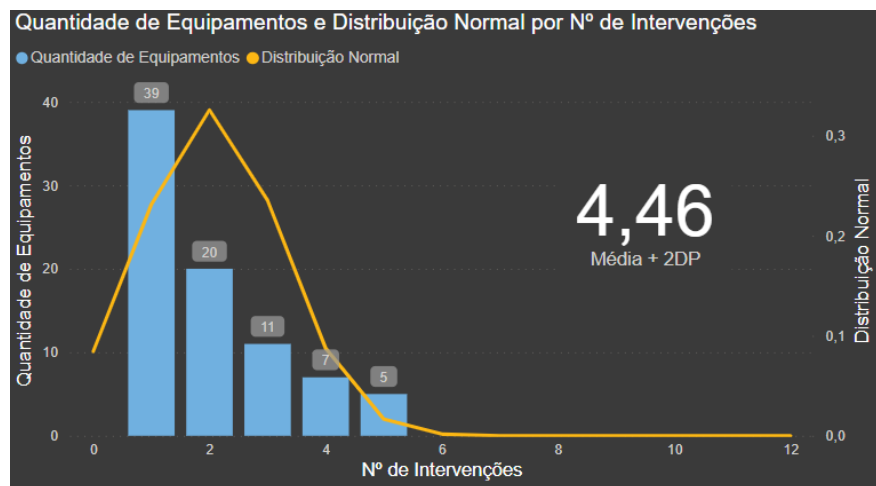
Figura 27 - Cálculo da Distribuição Normal

```
1 Distribuição Normal = NORM.DIST(FIRSTNONBLANK('Valores'[Nº de Intervenções],1),[media],[Desvio Padrão],FALSE())
```

Fonte: O autor.

Adicionando-se a medida anterior ao gráfico do histograma, obtém-se o gráfico apresentada na Figura 28.

Figura 28 - Histograma e Curva de Gauss



Fonte: O autor.

O gestor de manutenção poderia a partir da Figura 28, identificar que cinco equipamentos apresentaram um número de intervenções considerado anormal, já que estão além dos dois desvios padrões adotados como limite de normalidade. Com isso, o gestor poderia realizar um estudo mais a fundo nesses cinco equipamentos específicos para poder entender o que estaria causando esse número excessivos de falhas.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho tratou de estudar a aplicação da metodologia de *Business Intelligence* para auxiliar o gerenciamento da manutenção de subestações de alta tensão de concessionárias de distribuição. Os dados foram concentrados em um *Data Warehouse*, que, diferentemente de um banco de dados relacional, permite o uso destes pela ferramenta Power BI com mais confiabilidade, já que, ao extraí-los do banco de dados, eles são tratados para remoção de inconsistências e de informações inúteis para o estudo. Além disso, a forma como os dados são organizados no *Data Warehouse* em tabelas fato e dimensão facilitaram as consultas e a produção dos relatórios.

Além disso, definiu-se para uso neste estudo a ferramenta Power BI da *Microsoft*, que, de acordo com o quadrante mágico de Gartner, está posicionada pelo 14º ano seguido como uma das ferramentas líderes do mercado. O Power BI, além de sua fácil utilização, que permite às pessoas não especializadas gerarem seus relatórios, entrega aos usuários inúmeras ferramentas internas avançadas, como a linguagem DAX que facilitou a manipulação da grande base de dados utilizada neste trabalho, que reúne informações de intervenções em equipamentos de subestações de 2016 à 2019. A ferramenta da *Microsoft* auxiliou a criação de *dashboards* com os gráficos do diagrama de Pareto e histograma com curva normal permitindo ao gestor, de forma visual, identificar as principais causas de intervenções e quais equipamentos apresentam uma quantidade de intervenções acima do aceitável. Mostrando-se, dessa forma, uma ferramenta que tem muito a contribuir à gerencia de manutenção de subestações de alta tensão.

Como trabalhos futuros recomenda-se:

- Explorar mais funcionalidades do Power BI, como a publicação online dos *dashboards*, elaboração de mais gráficos e o cálculo de outros indicadores chaves.

- Aplicação e validação prática da metodologia aqui estudada em um ambiente de gerenciamento de manutenção de subestações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**, 1994.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro**, [S.l.], [S.l.]. Disponível em:

[https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14476909&_101_type=content&_101_groupId=654800&_101_urlTitle=faq&inheritRedirect=true#:~:text=O%20sistema%20el%C3%A9trico%20brasileiro%20permite,localizados%20principalmente%20na%20regi%C3%A3o%20Norte.&text=Criada%20em%20dezembro%20de%201996,Minas%20e%20Energia%20\(MME\).](https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14476909&_101_type=content&_101_groupId=654800&_101_urlTitle=faq&inheritRedirect=true#:~:text=O%20sistema%20el%C3%A9trico%20brasileiro%20permite,localizados%20principalmente%20na%20regi%C3%A3o%20Norte.&text=Criada%20em%20dezembro%20de%201996,Minas%20e%20Energia%20(MME).) Acesso em: 06/02/2022.

CARMO, Vera. **Distribuição Normal**. [S.l.], [S.l.]. Disponível em:

http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/DISTRIBUICAO_NORMAL/Distribuicao_funcao_normal.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. **Exemplo de aproximação de um histograma por uma função de distribuição gaussiana**, [S.l.], [S.l.]. Disponível em:

<http://www.cbpf.br/cat/pdsi/gauss.html>. Acesso em: 15/02/2022.

FAROL DATA ANALYTICS. **Afinal o que é self service BI?**. Jaraguá do Sul, 2017.

Disponível em: <https://farolbi.com.br/afinal-o-que-e-self-service-bi/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

FAESARELLA, Ivete S.; SACOMANO, José B.; CARPINETTI, Luiz C. R.. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas**. [S.l.]. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006.

FURNAS. **Subestações**. [S.l.]. Disponível em:

<https://www.furnas.com.br/subestacoes/?culture=pt>. Acesso em: 08 jan. 2022.

GARTNER GROUP. **Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms**. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-24ZXJ0MU&ct=210107&st=sb>. Acesso em: 19 abr. 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

KIMBALL, Ralph; ROSS, Margy. **The Definitive Guide to Dimensional Modeling**. 3. ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc, 2013.

LEÃO, R. P. S. **GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica**. 2022.

LOH, Stanley. **BI na era do big data para cientistas de dados - indo além de cubos e dashboards na busca pelos porquês, explicações e padrões**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.intext.com.br/livro-BI-stanley-loh.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.

MANUTENÇÃO. In: DICIO, **Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2021. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/manutencao/>. Acesso em: 11 fev. 2021.

MICROSOFT. **Visão geral de Consulta no Power BI Desktop**. [S.l.], 2020a. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/transform-model/desktop-query-overview>. Acesso em: 25 mai. 2021.

MICROSOFT. **Trabalhar com a exibição de modelo no Power BI Desktop**. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/transform-model/desktop-relationship-view>. Acesso em: 25 mai. 2021.

MICROSOFT. **Início Rápido: Conectar-se a dados no Power BI Desktop**. [S.l.], 2020b. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/connect-data/desktop-quickstart-connect-to-data>. Acesso em: 26 mai. 2021.

MUNIZ, Sabrina Sousa. **Gestão De Qualidade Aplicada No Setor De Manutenção De Subestações De Alta Tensão**. Fortaleza, 2020.

NETO, Rubens Mendonça de Souza et al. **Aplicação das sete ferramentas da qualidade em uma fábrica de blocos standard de gesso**. [S.l.]. Joinville: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017.

OP SERVICES. **O QUE É O QUADRANTE MÁGICO DO GARTNER?**. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://www.opservices.com.br/o-que-e-o-quadrante-magico-do-gartner/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

REAL VALOR. **DIAGRAMA DE PARETO**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.orealvalor.com.br/glossario/diagrama-de-pareto/>. Acesso em: 10 out. 2021.

TURBAN, Efrain et al. **Business Intelligence: Um enfoque gerencial para a inteligência de negócio**. 1, ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

UAISMART GESTÃO ESTRATÉGICA DA INFORMAÇÃO. O que é self service BI e seus benefícios. Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://uaismart.com/o-que-e-self-service-bi-e-seus-beneficios/>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ULAG, Arun. **Microsoft named a Leader in the 2021 Gartner Magic Quadrant for Analytics and BI Platforms**. [S.l.], 2021. Disponível em <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/blog/microsoft-named-a-leader-in-2021-gartner-magic-quadrant-for-analytics-and-bi-platforms/>. Acesso em: 19 abr. 2021.