

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**JOÃO PEDRO ZAMBON DE ANDRADE**  
**MARIANA PODOLAN KOSS**

**TOTAL QUALITY MANAGEMENT NA INDÚSTRIA 4.0: BIG  
DATA NO TRATAMENTO DOS DEFEITOS DE PRODUÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2021**

**JOÃO PEDRO ZAMBON DE ANDRADE** ✉

**MARIANA PODOLAN KOSS** ✉

**TOTAL QUALITY MANAGEMENT NA INDÚSTRIA 4.0: BIG  
DATA NO TRATAMENTO DOS DEFEITOS DE PRODUÇÃO**

**TOTAL QUALITY MANAGEMENT ON INDUSTRY 4.0:  
BIG DATA ON ANALYSIS OF PRODUCTION DEFECTS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel/Bacharela no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Regina Negri Pagani  
Coorientadora: Profa. Ma. Fabiane Florêncio de Souza

**PONTA GROSSA**

**2021**



Este Trabalho de Conclusão de Curso está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição–Não Comercial–Sem Derivações 4.0 Internacional.



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **TOTAL QUALITY MANAGEMENT NA INDÚSTRIA 4.0: BIG DATA NO TRATAMENTO DOS DEFEITOS DE PRODUÇÃO**

por

**JOÃO PEDRO ZAMBON DE ANDRADE E MARIANA PODOLAN KOSS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Profa. Dra.Regina Negri Pagani**  
Orientadora

**Profa. Dra.Helyane Bronoski Borges**  
Membro Titular

**Eng.Matheus Leite**  
Membro Titular

**Prof.Dr. Marcos Eduardo Soares**  
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Roger Navarro Verastegui**  
Coordenador do Curso

À família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus pelo merecimento de estarmos vivos, com Saúde, tendo a oportunidade de nos desenvolver e evoluir. Também agradecemos as nossas famílias e amigos, por todo o apoio prestado. O carinho de vocês tornou essa caminhada mais amena.

À nossa orientadora, Prof. Dra. Regina Negri Pagani, e coorientadora, Profa. Ma. Fabiane Florêncio de Souza, que, apesar de todas as circunstâncias desse momento, estiveram conosco, nos auxiliando e guiando pelo melhor caminho na elaboração desse trabalho.

Ao Eduardo Barros, Matheus Leite e Andre Luiz Flizicoski, que abriram portas para que esse projeto fosse possível.

Aos nossos professores e colegas que nos auxiliaram de forma direta ou indireta na conclusão deste TCC.

E a todas as pessoas que nos auxiliaram em nosso crescimento profissional.

O Mestre vem seguindo pela Justiça, julgando a  
todos pelos seus feitos.  
(José Gabriel da Costa)

## RESUMO

ANDRADE, João Pedro Zambon de; KOSS, Mariana Podolan. **Total Quality Management na Indústria 4.0: Big Data no Tratamento dos Defeitos de Produção**. 2021. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

A Indústria 4.0 com suas ferramentas trouxe um avanço significativo em relação à dados criados, principalmente à sua quantidade, fenômeno conhecido como Big Data. Esse termo refere-se às informações produzidas através da aquisição de informações de diversas fontes, sendo que muitas vezes tais dados não apresentam uma ligação nítida entre si. Técnicas e ferramentas foram desenvolvidas com a finalidade de tratamento e de análise dessas informações, sendo que a mais utilizada e efetiva é Big Data Analytics. Essa ferramenta possibilita o estudo de Big Data, e, quando utilizado junto com Business Intelligence, que são métodos que ligam teoria, procedimentos e tecnologia para apoio à tomada de decisões empresariais, permite a uma organização tomar decisões estratégicas referentes aos seus produtos, clientes e mercado. Todas essas técnicas são fundamentais em uma aplicação efetiva de Gestão da Qualidade Total, considerando o contexto atual de desenvolvimento industrial. A Gestão da Qualidade total possui seu foco no cliente, e através de um sistema voltado à melhoria contínua e tomada de decisão com base em evidência, possibilita a integração de setores de uma empresa em busca de um só objetivo. Este trabalho é um estudo de caso onde desenvolveu-se uma plataforma gráfica que utiliza Big Data Analytics e Business Intelligence para o acompanhamento e análises de defeitos em uma linha de produção de correias transportadoras. Através do Methodi Ordinatio realizou-se uma pesquisa para conhecer as técnicas para manipular Big Data e selecionar as ferramentas a serem utilizadas no desenvolvimento da plataforma. Assim, foi desenvolvido uma plataforma centralizada com visualizações gráficas dos defeitos e seus principais indicadores, com atualização automática, integrando tecnologias da Indústria 4.0 e a Gestão da Qualidade Total.

**Palavras-chave:** Análise de Dados. Gestão da Qualidade Total. Indústria 4.0.

## ABSTRACT

ANDRADE, João Pedro Zambon de; KOSS, Mariana Podolan. **Total Quality Management on Industry 4.0: Big Data on Analysis of Production Defects**. 2021. 69 p. Undergraduate Thesis (Course Mechanical Engineering) — Federal University of Technology — Paraná, Ponta Grossa, 2021.

4.0 Industry tools have brought a meaningful advance of data created, essentially by its abundance, phenomena known as Big Data. This term refers to the information originated by many manners, although most of the time there is no apparent connection between them. Tools and techniques have been developed to process and analyze all information, and the most appointed and effective is Big Data Analytics. This tool enable the research of Big Data, and, when used amidst Business Intelligence, which are methods linking theory, practices and technology to enable business decision-taking, allows a corporation to have strategical arrangements of its products, clients and the market. All of these techniques are fundamental to effectively apply Total Quality Management, regarding the current industrial development. Total Quality Management has its focus on the client, and using quality improvement and evidence biased decision making systems there is an integration between departments to achieve the same goal. This essay is a case study of a graphic platform's development using Big Data Analytics and Business Intelligence to follow and analyze defects of a belt conveyor production line. Through Methodi Ordinatio a research to acknowledge the techniques to handle Big Data and to select the tools for the platform's development has been done. Therefore a centralized platform has been created, displaying graphics of the defects and their main indicators, with automatic actualization, assimilating 4.0 Industry technologies with Total Quality Management.

**Keywords:** Data Analysis. Total Quality Management. 4.0 Industry.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo geral de gestão da qualidade . . . . .	16
Figura 2 – Mapa mental do embasamento teórico do <i>dashboard</i> . . . . .	27
Figura 3 – Tipos de visualizações de dados . . . . .	37
Figura 4 – Exemplo de relações entre as tabelas utilizadas no Power BI . . . . .	44
Figura 5 – Relatório referente às análises gerais . . . . .	61
Figura 6 – Continuação do relatório referente às análises gerais . . . . .	62
Figura 7 – Relatório referente às análises da vulcanização . . . . .	63
Figura 8 – Relatório referente às análises da inspeção . . . . .	64
Figura 9 – Relatório referente às análises de características das correias . . . . .	65
Figura 10 – Continuação do relatório referente às análises de características das correias . . . . .	66
Figura 11 – Demonstração da aplicação do filtro interativo . . . . .	67
Figura 12 – Continuação da demonstração da aplicação do filtro interativo . . . . .	68
Fluxograma 1 – Fluxograma do desenvolvimento do dashboard . . . . .	33
Fluxograma 2 – Modo antigo de acompanhamento dos indicadores . . . . .	41
Fluxograma 3 – Fluxograma do atual modo de análise de dados . . . . .	50
Gráfico 1 – Gráfico de barra e linha combinados e gráfico de rosca . . . . .	45
Gráfico 2 – <i>Treemap</i> e gráfico de área . . . . .	46
Gráfico 3 – Velocímetro e cartão de linhas múltiplas . . . . .	47
Gráfico 4 – Gráfico de dispersão, histograma e árvore hierárquica . . . . .	48
Quadro 1 – Descrição das ferramentas de controle e gestão da qualidade mais utilizadas na indústria . . . . .	20
Quadro 2 – Etapas dos procedimentos metodológicos . . . . .	29
Quadro 3 – Resultados das buscas nas bases de dados . . . . .	30
Quadro 4 – Procedimentos de filtragem . . . . .	31
Quadro 5 – Indicadores utilizados pela empresa . . . . .	39
Quadro 6 – Dificuldade na análise de dados . . . . .	42
Quadro 7 – Principais tabelas utilizadas . . . . .	44

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

### SIGLAS

BI	<i>Business Intelligence</i>
DAX	Expressões de Análises de Dados, do inglês <i>Data Analysis Expressions</i>
DSS	Sistema de Suporte à Decisão, do inglês <i>Decision Support System</i>
ED	Departamento de Emergência, do inglês <i>Emergency Department</i>
ERP	Planejamento de Recursos Empresariais, do inglês <i>Enterprise Resource Planning</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
KPI	Indicador Chave de Performance, do inglês <i>Key Performance Indicator</i>
LCD	Tela de Cristal Líquido, do inglês <i>Liquid Cristal Display</i>
PDF	Formato Portátil de Documento, do inglês <i>Portable Document Format</i>
SCG	<i>Smart Cable Guard</i>
SJR	<i>Scientific Journal Rankings</i>
SNIP	<i>Source Normalized Impact per Paper</i>
TQC	Controle de Qualidade Total, do inglês <i>Total Quality Control</i>
TQM	Gestão da Qualidade Total, do inglês <i>Total Quality Management</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

### ACRÔNIMOS

Ci	Número de citações
SARS-CoV-2	Coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2, do inglês <i>Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2</i>
Fi	Fator de impacto
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
SDMX	Statistical Data and Metadata eXchange

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b> . . . . .	<b>14</b>
2.1	GESTÃO DA QUALIDADE . . . . .	14
2.1.1	A Gestão da Qualidade Total . . . . .	17
2.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE . . . . .	19
2.2.1	Indicadores . . . . .	20
2.3	BIG DATA . . . . .	21
2.3.1	<i>Big Data Analytics</i> . . . . .	22
2.3.2	<i>Business Intelligence</i> . . . . .	23
2.4	<i>DASHBOARD</i> . . . . .	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> . . . . .	<b>28</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA . . . . .	28
3.2	ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA . . . . .	29
3.3	ELABORAÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA . . . . .	29
3.3.1	Análise de Conteúdo . . . . .	31
3.4	PESQUISA DE CAMPO . . . . .	32
3.5	METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO <i>DASHBOARD</i> . . . . .	33
3.5.1	Análise dos Resultados Alcançados . . . . .	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> . . . . .	<b>36</b>
4.1	RESULTADOS DA REVISÃO TEÓRICA . . . . .	36
4.2	RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO . . . . .	38
4.3	RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO DO <i>DASHBOARD</i> . . . . .	42
4.3.1	Ganhos Quantitativos . . . . .	50
4.3.2	Ganhos Qualitativos . . . . .	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>54</b>
	<b>APÊNDICE A – FIGURAS DAS VISUALIZAÇÕES DOS RELATÓRIOS</b> . . . . .	<b>59</b>
	<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> . . . . .	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Considerando o atual contexto de desenvolvimento industrial, a utilização de grandes quantidades de dados em um curto intervalo de tempo é essencial para o controle e monitoramento de um processo. Além disso, esses dados atuam como um valioso recurso para suporte à tomada de decisão, indicando necessidades de investimento em melhorias e desenvolvimento. A geração de uma imensa quantidade de dados e curtos espaços de tempo é conhecida como Big Data, sendo que muitas vezes não há uma conexão aparente entre si (RUSSOM et al., 2011). Esse fenômeno é caracterizado pelo volume, variedade de dados e rapidez de produção, e está mudando o modo com o qual a economia opera. (LANEY et al., 2001; SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, 2018). É necessário organizar e relacionar os dados, para que seja possível adquirir informações e conhecimento que sejam úteis a uma ação ou processo (CHEN, C. P.; ZHANG, 2014).

Com esta finalidade surgiram as ferramentas de análises avançadas de Big Data, para relacionar os terabytes acumulados de dados uns com os outros, e através de análises estatísticas, quantitativas e qualitativas, adquirir conhecimento com o propósito de agregar à organizações informações para tomada de decisão, seja em relação à questões internas ou o mercado externo. Duas ferramentas notáveis, Big Data Analytics e *Business Intelligence* (BI) estão sendo adotadas mundialmente, visto a facilidade em demonstrar informações baseadas em dados que estão sendo gerados instantaneamente (RUSSOM et al., 2011; SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, 2018).

Data analytics, para McFedries (2010), é “a aplicação de ferramentas e técnicas para organizar, estudar, chegar a conclusões ou até prever um certo conjunto de informações” . Considerando o modo como as informações são geradas, utiliza-se, em conjunto com data analytics, tecnologias de informações contemporâneas e tecnologias de rede (SUN, Z.; STRANG; YEARWOOD, 2014). São necessárias, porém, outras abordagens para transformar esses dados em conhecimento estratégico, tal como *Business Intelligence*.

O termo *Business Intelligence* surgiu em 1958, com o pesquisador Luhn (1958). Refere-se à utilização de ferramentas de data analytics aplicadas na empresa, ou seja, da utilização das análises de dados fornecidos para tomada de decisão. A utilização desta ferramenta é fundamental para aperfeiçoar estratégias de negócios, melhorar a inteligência de marketing, administração e organização, por exemplo, sendo que *Business Intelligence* vem cada vez mais sendo adotado por empresas, visando a possibilidade de obter um entendimento mais adequado da real situação de uma atividade, através de todas as informações disponibilizadas pelo exercício de tal. (FAN; LAU; ZHAO, 2015).

Tratando-se deste trabalho, o estudo de caso se concentra em uma empresa de manufatura de correias transportadoras, na região dos Campos Gerais, no Paraná. A empresa produz correias para transporte de grandes quantidades de minérios, produtos químicos, detritos de construção civil, entre outros. Essas correias transportadoras são formadas por mantas de borracha com um núcleo têxtil ou de cabos de aço, que são vulcanizadas em prensas para conferir propriedades de resistência e durabilidade, por exemplo. Como em qualquer grande indústria, o foco na eficiência de produção e adesão às tecnologias da indústria 4.0 está presente. O problema se situa no tratamento de Big Data gerado diariamente através dos dados de processos e produção das linhas. Esses dados eram tratados em planilhas eletrônicas, todos os dias, alocados em relatórios diários e compartilhados por e-mail ou impressos para disposição no chão de fábrica. Desta maneira, o acesso a todas as informações que os dados representam e a necessidade de criar novas planilhas para analisar pontos específicos eram tarefas onerosas, complexas e algumas vezes impraticáveis. Havia também uma falta de integração entre setores, uma vez que cada setor possuía sua própria planilha para acompanhamento de defeitos. Todo esse trabalho ocupava tempo do analista, além de não oferecer o estado mais atual do andamento dos defeitos ao longo do dia.

A identificação e acompanhamento de potenciais causas de defeito no produto é de suma importância na empresa, de forma a reduzir ao máximo as ineficiências de produção. Além disso, a obtenção desses dados é importante, gerando indicadores de qualidade da fábrica, através dos Indicador Chave de Performance, do inglês *Key Performance Indicator* (KPI). Entretanto, a necessidade de agregar essas informações diariamente de forma manual e repetitiva apresentava ineficiências, erros no tratamento dos dados e tempo desperdiçado. Isso torna-se ainda mais oneroso quando existe uma grande quantidade de dados e qualquer necessidade de obtenção de resposta ad hoc faz-se necessário uma nova análise do conjunto de dados, impossibilitando assim soluções que seriam apresentadas utilizando análises com a totalidade de dados. Dessa forma, os diversos fatores mencionados acima demonstram a necessidade da importação, tratamento, visualização e compartilhamento dessas informações de forma rápida, precisa e que permitam a obtenção de soluções orientadas.

Para garantir um controle mais preciso e rápido dos defeitos e minimizar os trabalhos operacionais, bem como as margens para erros de tratamento de dados, há a necessidade de implementar uma ferramenta de BI que seja capaz de cumprir com as demandas acima mencionadas, garantindo às partes interessadas, atualização automática dos KPIs da qualidade, baixa necessidade de intervenção operacional, dados precisos e interface interativa. Além do mais, com esta ferramenta pode-se realizar consultas com total abrangência dos dados de defeitos,

e assim, obter possíveis soluções e relações causa-efeito, bem como priorização de projetos de melhoria e suporte na tomada de decisão.

Visto isso, este trabalho trata da implementação de uma plataforma de BI para centralizar os KPIs de defeitos que ocorrem numa linha de produção de correias transportadoras, permitindo a utilização desta plataforma por toda a indústria, apresentando o aporte teórico acadêmico aplicado e inovando a maneira com a qual estes dados são manuseados e aplicados no dia a dia da produção.

O objetivo geral deste trabalho é aplicar uma ferramenta para especificar e acompanhar os dados obtidos com a identificação de defeitos, apontando assim as principais causas de irregularidades nos produtos, para então reduzir a ineficiência do processo.

Para cumprir com o objetivo geral, estabeleceu-se três objetivos específicos:

- Realizar um levantamento das principais ferramentas de análise de Big Data;
- Identificar os indicadores de defeitos na produção utilizados pela empresa;
- Desenvolver uma plataforma online e autônoma, com interface interativa para acompanhamento dos KPIs de defeitos na empresa em questão.

As próximas seções deste trabalho apresentarão ao leitor uma ambientação sobre os principais tópicos teóricos deste trabalho, a metodologia utilizada para a pesquisa de ferramentas e desenvolvimento da plataforma, os resultados alcançados na aplicação desta ferramenta na empresa e, por fim, algumas considerações gerais. O Capítulo 2, a seguir, descreve o estado da arte do problema e apresenta alguns trabalhos sobre o assunto já realizados. No Capítulo 3 apresenta o material e métodos utilizados, e o resultado da pesquisa é descrito no Capítulo 4. Por fim, o Capítulo 5 apresenta a conclusão e as considerações gerais.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo de trabalho traz uma revisão ao leitor dos principais tópicos dentro da Engenharia da Qualidade e da Tecnologia que sustentam a teoria deste trabalho. A Seção 2.1 trata-se da gestão da qualidade, sua história e as diferentes perspectivas de abordagem do assunto, com um foco principal na Gestão da Qualidade Total (Seção 2.1.1). Na Seção 2.2 as ferramentas da qualidade são descritas, ilustrando sua importância e seus principais objetivos.

A Seção 2.3 fala sobre Big Data e sua importância no setor da qualidade dentro da Engenharia. Também são abordadas as ferramentas de *Big Data Analytics* (Seção 2.3.1) e *Business Intelligence* (Seção 2.3.2). Por último, na Seção 2.4 o tópico do *dashboard* é retratado, juntamente com a descrição de alguns trabalhos prévios sobre a utilização de visualização e *Big Data Analytics* para análise de dados.

### 2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

Anteriormente à industrialização, a aplicação de ferramentas de qualidade era desconhecida no processo. A fabricação de produtos era manual, com foco no produto final, de modo a atender o consumidor, onde o artesão era responsável por todo o processo produtivo. Não havia o conhecimento de tolerância, especificação, confiabilidade: a qualidade do trabalho do artesão era determinada pela satisfação do cliente com o produto (CARVALHO; PALADINI, E., 2013).

Com a produção em massa que surgiu junto com a industrialização, surgiu a necessidade da padronização dos processos para atender aos requisitos da produção. O modelo Fordista, por exemplo, utiliza princípios da administração científica de Taylor (WOOD JR, 1992), resultando um sistema rígido, onde o trabalho manual era totalmente separado do intelectual. Para agilizar a produção, os produtos eram padronizados, com peças de montagem simples e fiscais para verificação do desempenho, contribuindo para o desenvolvimento da metrologia e sistemas de especificações. Neste modelo, a produção não atende às necessidades particulares dos clientes, mas conseguia atender a demanda da época (LOBO, P. A. M., 2015; CARVALHO; PALADINI, E., 2013).

Algumas décadas depois, algumas ferramentas de controle da qualidade surgiram, como os gráficos de controle criados por Shewhart (1926), aplicando estatística para identificar falhas nos produtos e suas origens (SHEWHART, 1926) e métodos estatísticos de amostragem para impor limites de variabilidade (SHEWHART; DEMING, 1986).

O sistema Toyota de produção surgiu num cenário pós guerra, com escassez de mão de obra, matéria prima e mercado interno fraco. Assim, necessitou de abordagens diferentes das realizadas pelo Fordismo. Durante a crise do petróleo, nos anos 70, este modelo emergiu no cenário mundial. Entre os principais pontos do sistema estão (LOBO, P. A. M., 2015):

- Redução de estoque de produtos e insumos;
- Redução de perdas nos processos e transportes;
- Menos retrabalho;
- Automatização de processos de detecção e correção de falhas;
- Produção enxuta; e
- Linha de produção contínua.

Todos estes pontos colaboraram para o sucesso do sistema Toyota de produção, que é mais flexível no trabalho dos operadores, no produto final, atendendo às particularidades do consumidor, rapidez dos processos com a linha de produção contínua, estoque reduzido e um maior controle da qualidade com a automatização de processos (CARVALHO; PALADINI, E., 2013; WOOD JR, 1992; LOBO, P. A. M., 2015).

Apesar do controle da qualidade estabelecido no modelo Toyota, o prejuízo dos consumidores pelo material adquirido não corresponder com o comprado e da organização com a necessidade de reparos, era grande. A garantia ao consumidor que o produto não terá falhas surgiu como um potencial dentro do desenvolvimento da qualidade. Conseqüentemente, a garantia da qualidade está associada ao risco potencial de não qualidade. Trata-se de um sistema de atividades que são adicionadas ao processo produtivo, reduzindo os indícios de falhas e defeitos. A aplicação de métodos quantitativos e modelos estatísticos para garantir a integridade, segurança, e redução de seu custo inicial e de reparos é essencial, além de ser utilizada como estratégia de processo, produção e marketing (CARVALHO; PALADINI, E., 2013; LOBO, R. N., 2019; FRANK et al., 2014; DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999).

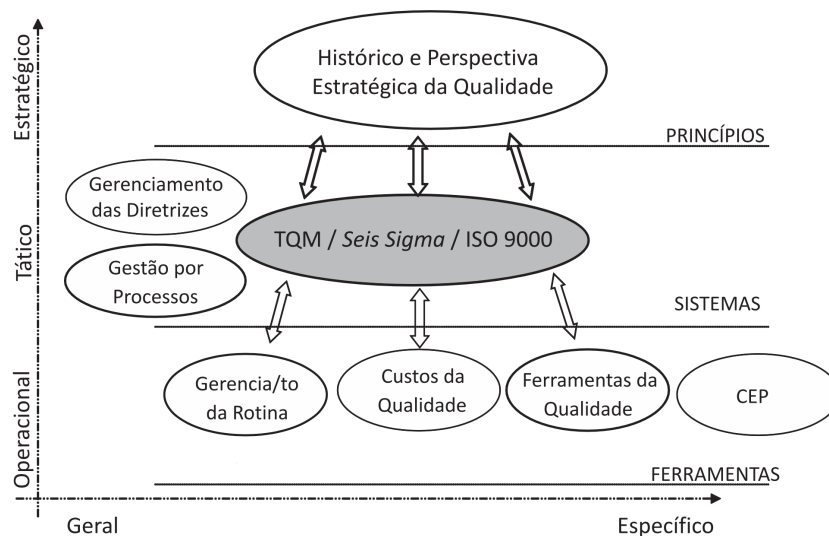
Nesta mesma época, surgiu a necessidade de uma padronização dos processos de qualidade. Assim, em 1946, criou-se a *International Organization for Standardization*, ISO, com 67 comitês técnicos, cada um responsável por um conjunto de normas (ISO, 2021). Dentro dessas normas, a ABNT (2015) define gestão da qualidade como: “o estabelecimento de políticas da qualidade, objetivos da qualidade e processos para alcançar estes objetivos da qualidade por meio do planejamento da qualidade, da garantia da qualidade, do controle da qualidade e da melhoria da qualidade” .

O planejamento da qualidade utilizado por outros países era aplicado sem sucesso em



outros lugares (KAYNAK, 2003). Essas ferramentas foram então adaptadas de acordo com uma perspectiva estratégica da qualidade, levando em conta os aspectos necessários para uma organização ser competitiva no mercado interno e internacional (CARVALHO; PALADINI, E., 2013). Assim, a gestão da qualidade surgiu devido ao mercado competitivo que emergiu com a globalização (FLYNN; SCHROEDER; SAKAKIBARA, 1994). A gestão da qualidade, portanto, é um conjunto de atividades aplicadas à uma organização, compreendendo o planejamento, controle, garantia e melhoria da qualidade (CARVALHO; PALADINI, E., 2013; DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999). A Fig. 1 ilustra a relação entre estes conjuntos e a organização empresarial, onde o contexto histórico e os princípios estratégicos da organização influenciam diretamente nos sistemas táticos de gestão adotados e, portanto, suas respectivas ferramentas.

**Figura 1 – Modelo geral de gestão da qualidade**



**Fonte: Carvalho e Edson Paladini (2013).**

É possível observar na Fig. 1 que a gestão da qualidade apresenta níveis bem distintos dentro da hierarquia da empresa. Diferente do que se pode pensar, a TQM (Gestão da Qualidade Total, do inglês *Total Quality Management*) não é atribuição somente do chão de fábrica, mas uma preocupação estratégica na empresa. Assim, torna-se essencial a utilização de ferramentas, como *dashboards*, por exemplo, para facilitar a visão do panorama da TQM pelos executivos, de forma a não tomar tanto tempo da gestão estratégica, e também não deixá-los de fora desta área tão importante da empresa. A próxima subseção apresenta de forma detalhada os princípios fundamentais da Gestão da Qualidade Total.

### 2.1.1 A Gestão da Qualidade Total

Dentro da gestão da qualidade, há sistemas de gestão da qualidade. O Controle de Qualidade Total, do inglês *Total Quality Control* (TQC) é baseado no comprometimento com a qualidade total, onde a alta direção lidera os departamentos e seus colaboradores no envolvimento com as práticas, aplicando métodos e técnicas relativas à qualidade (CARVALHO; PALADINI, E., 2013; OZAWA, 1988; KONDO, 1998; FEIGENBAUM, 1991).

Um modelo voltado para a gerência é a Gestão da Qualidade Total, do inglês *Total Quality Management*. Parte do pressuposto que a qualidade é contínua e que deve ser utilizada em todas as partes de um processo, desde as relações com fornecedores até o apoio pós vendas (KAYNAK, 2003). Apesar das várias abordagens acerca da TQM, ela é a colaboração entre todos os setores ligados à empresa com a finalidade de produzir bens e serviços que ultrapassem as expectativas de seus clientes (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999). De acordo com a ABNT (2015), a TQM possui sete princípios fundamentais:

1. Foco no cliente;
2. Liderança;
3. Engajamento das pessoas;
4. Abordagem do processo;
5. Melhoria;
6. Tomada de decisão com base em evidência; e
7. Gestão de relacionamento.

A seguir cada um desses princípios serão explicados.

O foco no cliente, ao invés do produto, gera uma maior competitividade e mercado, logo que as empresas buscam atender de maneira integral as expectativas de seus consumidores. Existe um trabalho de melhoria constante de melhor durabilidade, segurança, performance, personalização, e outras características do produto, para alcançar e garantir um mercado maior. O relacionamento com o consumidor também mudou, dando mais apoio na hora da compra, possibilidade de personalização dos produtos, além de apoio pós-vendas. Isso aumenta também a competitividade entre empresas, uma vez que todas buscarão o mesmo objetivo. Esse princípio é fundamental na TQM, uma vez que o sucesso de uma empresa é alcançado quando esta confia na organização e nos produtos e serviços que esta oferece (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999; ABNT, 2015; SAMSON; TERZIOVSKI, 1999).

Sendo a TQM uma variação da TQC, a liderança é o princípio motor da TQM. Os líderes

devem fazer o alinhamento de estratégias, recursos e processos para direcionar seus encarregados e atingir os objetivos traçados pela organização. Desenvolver um modelo de liderança facilita e aumenta a performance e o conhecimento organizacional, além de melhorar o desenvolvimento pessoal. O líder deve estabelecer uma unidade de propósito, uma cultura de confiança, estimular ideias novas, administrar o ambiente empresarial e prover recursos para a concretização de projetos (ABNT, 2015; SAMSON; TERZIOVSKI, 1999).

O engajamento das pessoas preza que uma organização deve prover meios para a utilização de todo o potencial de seus colaboradores, para que estes possam então realizar suas tarefas com o melhor desempenho possível, trazendo uma maior eficiência nos serviços e processos. Um procedimento deve envolver todas as pessoas de todos os níveis, dando reconhecimento ao trabalho de cada um. Este engajamento resulta em maior compreensão dos trabalhadores em relação aos objetivos, melhorando a qualidade do serviço realizado, satisfação, iniciativa, colaboração e confiança na empresa (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999; ABNT, 2015).

A abordagem de processo implica em uma melhor compreensão de como os processos são interligados e resulta em uma melhor percepção da importância de cada etapa para poderem ser gerenciados de melhor forma, otimizando o desempenho do processo. Isso pode ser feito através da definição dos objetivos da TQM, transparência nas atividades e recursos oferecidos e disponibilização de informações necessárias para cumprir com as tarefas delegadas (ABNT, 2015).

A melhoria de um produto, processo ou serviço é um ponto chave no sucesso de uma organização. A melhoria contínua desses itens deve ser um objetivo permanente, de modo a aumentar o desempenho do processo, produtos, satisfação do cliente, observar oportunidades e riscos dentro da empresa e no mercado externo, além de buscar inovações (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999; ABNT, 2015).

As informações geradas pela organização devem ser utilizadas de maneira eficiente, com a tomada de decisão sendo baseada na análise de dados. A utilização de ferramentas para cumprir este papel é essencial, pois possibilita uma compreensão melhor dos problemas que podem estar ocorrendo nos processos, facilitando a observação de causas raiz e a solução de tais, informações sobre as necessidades e demandas dos clientes e a determinação e análise de performance (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999; ABNT, 2015; SAMSON; TERZIOVSKI, 1999; SILVA, 2007).

A gestão de relacionamentos consiste na coordenação da organização com suas partes

interessadas e é fundamental na otimização do desempenho de seus membros, sejam estes colaboradores, provedores, parceiros ou clientes. O sucesso nestes relacionamentos leva ao êxito da organização, através da compreensão dos objetivos da empresa, agregação de valor com o compartilhamento de recursos e habilidades e maior desempenho em identificar oportunidades (DALE; VAN DER WIELE; VAN IWAARDEN, 1999; ABNT, 2015).

De modo a cumprir efetivamente com esses princípios, e manter um processo de melhoria contínua em uma organização, a utilização de ferramentas da qualidade dentro da TQM é necessária. As ferramentas da qualidade auxiliam a planejar, acompanhar e entender o desempenho de um projeto, processo ou serviço. As características do produto, tais como qualidade e confiabilidade devem ser entendidas para economizar tempo de projeto e custo na fabricação e reparos (FRANK et al., 2014). Para que a gestão da qualidade ocorra de maneira efetiva, é necessário a utilização de algumas ferramentas de apoio. A próxima seção aborda as ferramentas da qualidade.

## 2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para uma organização ser mais competitiva no mercado e visando aumentar a satisfação dos consumidores, foram desenvolvidos métodos para projetar e aprimorar os processos, produtos ou serviços, e, dentro destes, utilizam-se ferramentas da qualidade como recursos para identificar, monitorar e eliminar falhas (SELEME; STADLER, 2008; OLIVEIRA, J. A. d. et al., 2011). Estas ferramentas são instrumentos estatísticos pois levam em consideração variações que o processo pode sofrer, e o entendimento dessas variabilidades através da estatística leva a melhor percepção de causas raiz e oportunidades de melhoria (PALADINI, E. P., 2010).

Algumas destas ferramentas são básicas para os métodos de gestão da qualidade, como gráficos, tabelas e indicadores. Estas ferramentas precisam ser objetivas e específicas. Dentre elas, temos ferramentas de controle e de gestão da qualidade. As mais comuns, de acordo com Dale, Boaden et al. (1998), utilizadas na indústria, estão descritas no Quadro 1.

**Quadro 1 – Descrição das ferramentas de controle e gestão da qualidade mais utilizadas na indústria**

<b>Ferramentas de Controle da Qualidade</b>	<b>Ferramentas de Gestão da Qualidade</b>
Diagrama de causa e efeito	Diagrama de afinidade
Diagrama de dispersão	Diagrama de flecha
Diagrama de Pareto	Diagrama sistemático
Histograma	Diagrama matricial
Carta de controle	Diagrama de relações
Folha de verificação	Análise de dados matricial
Gráficos	Carta de tomada de decisão

**Fonte: Dale, Boaden et al. (1998).**

Para poder selecionar corretamente as ferramentas da qualidade a serem utilizadas, é necessário antes definir elementos chave para o controle de qualidade (DEISSENBOECK et al., 2008):

1. Objetivos claros e específicos;
2. Ferramentas e técnicas para analisar o estado atual da qualidade; e
3. Medidas necessárias para reagir a defeitos encontrados.

Os gráficos, por exemplo, são utilizados pela facilidade de visualização das informações, que precisa equilibrar a complexidade e seu design. Já as tabelas organizam, classificam e expõem as informações chave de um procedimento, pesquisa ou processo. Através delas é possível ter a exatidão de um elemento específico. Os indicadores, por outro lado, ilustram o estado geral de um processo, sendo medidas quantitativas numéricas (CARVALHO; PALADINI, E., 2013; JING et al., 2019). Esses indicadores serão abordados na próxima subseção.

### 2.2.1 Indicadores

Os indicadores são ferramentas quantitativas que manifestam informações estruturadas sobre um processo ou serviço. Através de uma sequência lógica, o indicador consegue demonstrar, de maneira mensurável, o impacto do produto final sobre o consumidor, de forma direta ou indireta (CARVALHO; PALADINI, E., 2013). Os indicadores devem referir-se a uma área específica dentro da organização ou processo, e relacionar os fatores dentro desta área, através de uma medida quantitativa. Para Carvalho e Edson Paladini (2013), os indicadores devem pretender dez características:

1. Serem precisos;
2. Serem simples;
3. Serem diretos;

4. Mostrarem a informação atualizada;
5. Serem de fácil compreensão;
6. Serem adequados ao processo;
7. Usarem as informações disponíveis;
8. Serem representativos;
9. Serem de rápida compreensão; e
10. Priorizarem o processo que os gerou.

Após a definição do objetivo, justificativa e do ambiente onde o indicador será implementado, deve-se estabelecer um padrão ou meta, para que se possa analisar a qualidade do processo em relação ao pretendido. Através da definição concreta de um indicador é possível evidenciar as necessidades e oportunidades de melhoria contínua, um dos princípios da TQM. A finalidade do indicador será de acordo com seu objetivo, justificativa, ambiente e padrão. O que o indicador expressa de maneira mensurável é seu objetivo, como, por exemplo, o número de defeitos pela metragem de correias. Sua justificativa é a razão pela qual ele deve ser considerado, como para observar falhas em processos anteriores ou até mesmo modificar processos que estejam dando maior número de defeitos. Quanto ao ambiente, temos os indicadores de desempenho que são em relação ao processo produtivo, os indicadores de apoio, das atividades de suporte ao processo e os indicadores da qualidade, que ilustram a relação entre empresa e mercado. O padrão é a meta a ser alcançada, através deste pode-se avaliar a efetividade do processo e de melhorias (CARVALHO; PALADINI, E., 2013).

Com a quantidade de informações geradas atualmente, a possibilidade do uso de indicadores em diferentes partes da organização aumentou, até mesmo em áreas não tão convencionais. Isso só foi possível com a utilização de Big Data e suas ferramentas, explanadas na seção seguinte.

### 2.3 BIG DATA

A indústria 4.0 é caracterizada pela diversificação e quantidade de dados gerados, através da conexão entre o chão de fábrica e a nuvem. De acordo com estimativas, o volume de dados corporativos gerados, por exemplo, dobra de valor a cada 1,2 anos (MANYIKA et al., 2011). A partir dos anos 2000, houve um aumento exponencial na quantidade de dados gerados, trazendo para a indústria, dentre outros setores, uma nova oportunidade de utilizar o conhecimento das informações coletadas: Big Data. Esse termo refere-se aos dados criados e coletados em enormes

quantidades, e muitas vezes, sem vínculos entre si. A capacidade computacional para lidar com isso cresce conjuntamente com o tamanho e sua complexidade, para tentar, da melhor maneira possível, conseguir computar a quantidade das informações obtidas (RUSSOM et al., 2011; CHEN, C. P.; ZHANG, 2014; WANG, S. et al., 2016; CHEN, H.; CHIANG; STOREY, 2012).

A utilização de Big Data dentro da indústria 4.0 possui potencial de transformar o modo com o qual produtos, processos e serviços são realizados, possibilitando às organizações maior competitividade, qualidade e eficiência nos processos, produtos e serviços oferecidos (MANYIKA et al., 2011). Dentre as oportunidades citadas por CL Philip Chen e Zhang (2014) com a utilização de Big Data, há o aumento da eficiência operacional, discernimento de direções estratégicas, melhor atendimento ao cliente, identificação e desenvolvimento de novos produtos e serviços.

Apesar disso, conseguir coletar e armazenar a quantidade de dados gerados vem se mostrando um problema (AHRENS et al., 2011). Embora a performance computacional esteja crescendo imensamente, ainda não é o suficiente para lidar completamente com Big Data, seja no compilamento, armazenamento ou processamento de dados, em especial os gerados em tempo real. Nas últimas décadas, o desenvolvimento de algoritmos capazes de processar Big Data está em crescimento acelerado, utilizando mecanismos de computação paralela e de nuvem, de modo a compensar a evolução lenta (quando comparado à geração de dados) de processamento computacional (CHEN, C. P.; ZHANG, 2014). Há também, quando existe o caso, o problema de segurança em relação ao armazenamento e transmissão de dados na nuvem (WANG, Q. et al., 2010). Possuir dados não é suficiente se não é possível obter-se informações deles. Ferramentas e técnicas estão sendo desenvolvidas para tornar praticável a visualização desses dados. A próxima seção aborda *Big Data Analytics*, uma ferramenta muito útil dentro deste contexto.

### 2.3.1 *Big Data Analytics*

É necessário selecionar as informações corretas e confiáveis para realizar uma interceptação efetiva dos dados de modo a gerar resultados relevantes (CHEN, C. P.; ZHANG, 2014; WANG, S. et al., 2016; JING et al., 2019). *Big Data Analytics* surge no contexto de uma nova abordagem de análise de dados, considerando as tecnologias contemporâneas e Big Data, com ferramentas baseadas em matemática e estatística, engenharia, informação da tecnologia e administração científica. Modelagem técnica, bancos de dados e visualização são pontos importantes dentro de *Data Analytics*. Dentro do contexto de Big Data, a possibilidade de estabelecer relações

entre variáveis complexas agrega muito valor para as organizações (SABOU et al., 2016). Visto sua relevância, o desenvolvimento de ferramentas de software e técnicas computacionais está em crescimento, de forma a acelerar a detecção, coleta, armazenamento, análise, visualização e compartilhamento dos conhecimentos adquiridos através de *Big Data Analytics* (SUN, Z.; STRANG; YEARWOOD, 2014). Três componentes constituem *Big Data Analytics*: análise descritiva, preditiva e prescritiva de Big Data. Estas análises são importantes ao relacionarem os objetivos de negócios com os dados, possibilitando a análise de tendências, melhoria da eficiência de processos e performance organizacional e a criação de modelos preditivos para compreender possíveis oportunidades e problemas (SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, 2018; DELEN; DEMIRKAN, 2013).

O conjunto de análises descritivas, prescritivas e preditivas voltadas para a área de negócios, é conhecido como *Business Analytics*. Em síntese, é a análise de dados quantitativos e qualitativos aplicados às organizações, com foco na melhoria contínua dos processos e serviços oferecidos aos clientes e possíveis clientes. A diferença entre *Business Analytics* e *Data Analytics* consiste em sua origem, pois *Business Analytics* provém, além da matemática e estatística, administração científica e da informação, e seus dados podem ser não numéricos, necessitando de um foco na análise lógica de dados qualitativos (SUN, Z.; STRANG; YEARWOOD, 2014). Ambas as ferramentas são utilizadas em uma outra abordagem de análise de dados, *Business Intelligence*, discutido na seção seguinte.

### 2.3.2 *Business Intelligence*

A utilização de sistemas de informação para criar conhecimento a fim de assessorar a administração de uma organização é *Business Intelligence*, BI. Uma interface que conecta teoria, metodologia, sistemas e tecnologias no auxílio da tomada de decisão através de dados consegue aumentar o potencial de uma empresa, mudando a maneira com a qual decisões administrativas são empregadas, sendo possível até mesmo criar uma cultura dentro da empresa em relação à essa ciência. O termo *intelligence* em BI refere-se à inteligência humana em relação aos negócios, por utilizar informações de um produto ou serviço para aprender e entender os fatos que ocorrem, ou seja, gerar e agregar conhecimento. Sua aplicação é extremamente ampla (*e-commerce*, saúde, educação, ciência e tecnologia, entre outros) pois além de processar dados de maneira customizada, BI agrega também práticas e metodologias voltadas à gestão (SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, 2018; CHEN, H.; CHIANG; STOREY, 2012; CORONEL; MORRIS, 2016).



Para Hsinchun Chen, Chiang e Storey (2012), *Big Data Analytics* é uma ferramenta auxiliar de BI, pela vasta aplicação de um número volumoso de dados complexos, pois facilita sua aplicação no contexto de análise para tomada de decisões. Além disso, a logística e armazenamento de dados são pontos fundamentais dentro de BI, pois possibilita o fácil acesso das informações históricas acumuladas para entrever possíveis tendências, oportunidades e desafios (DELEN; DEMIRKAN, 2013).

Uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisão necessita ter certas características fundamentais: visualização gráfica, customização, análise de tendências, diversidade, extensões, automatização e boa performance (DEISSENBOECK et al., 2008). Para Braşoveanu et al. (2017), a visualização de dados é o modelo mais utilizado para análise de dados. Seu objetivo deve ser a análise de múltiplos conjuntos, de forma a observar correlações entre si e outras amostras.

O uso de *Data Visualization* dentro de BI é de amplo aproveitamento, pois possibilita um entendimento rápido do que se está querendo analisar e a customização das interfaces e dados utilizados é um ótimo recurso. Uma ferramenta deste tipo deve possibilitar a customização de análise, agregação, associação e visualização de dados, indo além de tabelas e gráficos simples. O uso de gráficos com informações estruturadas e *treemaps* são importantes para conseguir observar dados preliminares e conseguir analisar tendências, por exemplo (DEISSENBOECK et al., 2008; CHEN, H.; CHIANG; STOREY, 2012; BRAŞOVEANU et al., 2017; MARQUES DA COSTA; MILEU; ALVES, 2021). Uma das ferramentas para *Data Visualization* é o *dashboard*, tratado na seção seguinte.

## 2.4 DASHBOARD

Dentre as ferramentas para *Data Visualization*, podemos citar os *dashboards*. São interfaces gráficas interativas que possibilitam a análise de dados selecionados. Seu uso é abrangente (MARQUES DA COSTA; MILEU; ALVES, 2021). Existem *dashboards* para a área da saúde (SIMPÃO et al., 2015; MARTIN et al., 2018), negócios (BRAŞOVEANU et al., 2017), produtividade (BAYSAL; HOLMES; GODFREY, 2013), entre outros. Dentre os benefícios citados nestas pesquisas, a facilidade no uso, rapidez ao visualizar informações e a possibilidade de encontrar relações entre os dados foram as mais destacadas.

Baysal, Holmes e Godfrey (2013) perceberam a necessidade de uma ferramenta para acompanhar os trabalhos desenvolvidos por programadores. Os *dashboards* até então utilizados pela organização eram quantitativos, voltados para a gerência. A ferramenta até

então disponível para o acompanhamento das tarefas realizadas era muito lenta e não-intuitiva. Assim, um *dashboard* qualitativo, priorizando tarefas diárias foi desenvolvido, possibilitando aos desenvolvedores a possibilidade de acompanhar melhor suas atividades e as pessoas envolvidas nelas.

O monitoramento de um sistema de *Smart Cable Guard* (SCG), foi a proposta de Lumbantoruan (2016). Um sistema atualizado em tempo real, com informações precisas, claras e de rápida interpretação que fosse apresentado em somente uma tela, e que pudesse ser usada pelos times de analistas de sistemas e circuitos. Através de ferramentas de design e a utilização de KPIs, um *dashboard* foi desenvolvido, com foco em mostrar as informações de maneira precisa e clara, sendo possível, ao encontrar inconformidades, acessar rapidamente as informações sobre esses itens.

Braşoveanu et al. (2017) utilizaram do vocabulário *RDF Data Cube*, sendo compatível com SDMX, um padrão da ISO para compartilhamento de dados estatísticos e metadados entre organizações (WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2021), para criarem um DSS, Sistema de Suporte à Decisão, do inglês *Decision Support System*, sendo apto a fazer referências entre bancos de dados e mostrar os resultados em um *dashboard* visual. Este *dashboard*, além de possibilitar a visualização gráfica dos dados, também suporta o processamento de diversos tipos de dados (geográficos, sentimentos, hora/data), utilização de bancos de dados estruturados ou não e compatíveis entre si, e a viabilidade de selecionar, ordenar e resumir os resultados do jeito que for desejado. Através da aplicação no campo do turismo e telefonia, os autores constataram que os usuários conseguiram fazer as análises mais rápido, com maior precisão, além de possibilitar o compartilhamento e uso em diferentes ramos.

Para evitar a fadiga de trabalhadores da saúde com a redundância de alertas de interações medicamentosas em um hospital, Simpaio et al. (2015) desenvolveram um *dashboard* que possibilita a filtragem e averiguação dos alertas de acordo com dados dos pacientes e medicações para o foco em casos clinicamente expressivos. Apesar da redução de intervenções dos farmacêuticos com os alertas, não houve nenhum malefício aos pacientes.

Também na área da saúde, Martin et al. (2018) fizeram um *dashboard* para a utilização em ED, Departamento de Emergência, do inglês *Emergency Department*, para a visualização de indicadores de lotação do setor com informações de pacientes e seu fluxo em tempo real. Este *dashboard* possibilita a representação e visualização de indicadores em tempo real da situação do ED, sendo claro e preciso, de maneira a evitar ambiguidades e ser utilizado em outros EDs.

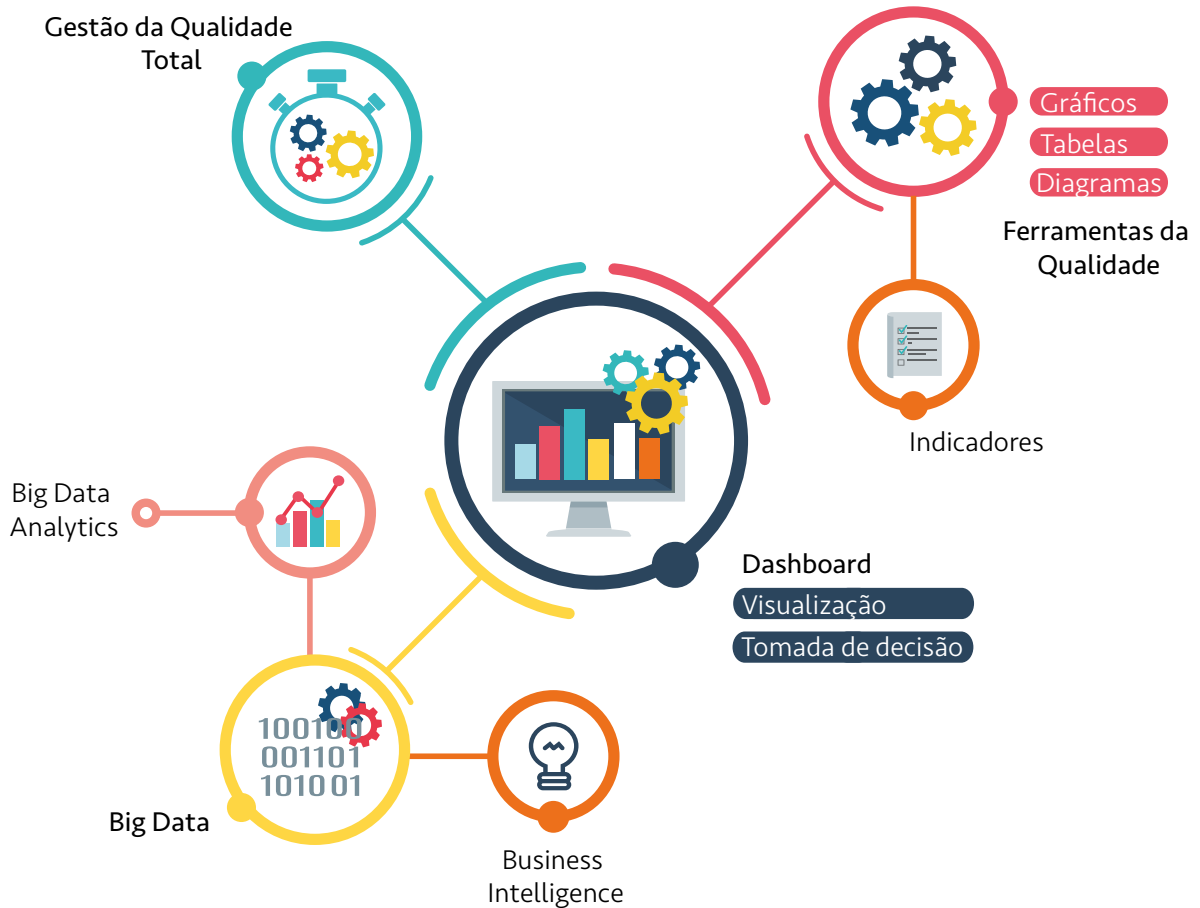
Jing et al. (2019) e Marques da Costa, Mileu e Alves (2021) utilizaram *dashboards*

geoespaciais, visando conseguir conhecimentos sobre o monitoramento da performance de cidades inteligentes e a evolução dos casos de SARS-CoV-2 em Portugal, respectivamente. Um *dashboard* geoespacial é descrito como uma interface interativa combinando mapeamento, análise espacial e visualização com base em ferramentas de BI. A possibilidade de combinar dados estatísticos com a representação cartográfica possibilita uma análise dinâmica da evolução de um certo evento, facilitando seu monitoramento e a identificação de oportunidades e ameaças.

Vista sua larga aplicação, o *dashboard* é uma ferramenta vital na gestão de um processo de uma organização dentro da indústria 4.0. Apesar da relevância dos *dashboards* citados anteriormente, nenhum possui uma aplicação para a gerência e os colaboradores simultaneamente. A proposta deste trabalho é utilizar os dados coletados pela empresa dentro dos princípios de BI e de TQM para auxiliar o trabalho de gerenciamento, com uma interface simples, clara e objetiva dos indicadores utilizados pela empresa para demonstrar o andamento geral do processo e outra interface interativa, customizada, para obter conhecimento técnico sobre os possíveis motivos que levam aos defeitos reportados. Este *dashboard* deve ter um design compreensível para que todos os colaboradores da organização possam interpretar e que seja adotado também por outras áreas.

Com o conhecimento dos tópicos abordados anteriormente, pode-se compreender a relevância que um TQM bem estruturado possui no desenvolvimento da indústria 4.0. A possibilidade de utilizar o maior número possível de informações coletadas é extremamente importante para um bom gerenciamento de um processo, possibilitando o maior conhecimento do estado atual de produção, assim como observar também, através de *Big Data Analytics*, relações entre várias características de um produto e o processo pelo quais passam. A utilização de BI para a tomada de decisão cumpre com vários dos princípios da TQM, mantendo o ciclo de melhoria contínua e possibilitando à organização maior competência ao lidar com seus processos, garantindo ao cliente o produto com melhor qualidade, custo e prazo. A Figura 2 ilustra o modo com que a Gestão da Qualidade Total, as Ferramentas da Qualidade e Big Data relacionam-se com o *dashboard*.

Figura 2 – Mapa mental do embasamento teórico do *dashboard*



Fonte: elaborado pelos autores.

Como é possível observar pela Figura 2, os tópicos explanados neste capítulo contribuem para o desenvolvimento do *dashboard*, uma vez que possibilitam o embasamento teórico para a construção e oferecem suporte com suas respectivas ferramentas, melhorando seu desempenho. Deste modo, o *dashboard* é uma ferramenta imprescindível na análise de dados e tomada de decisão ao tratar-se de Big Data.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo descreve a metodologia utilizada na pesquisa da revisão teórica, de campo, e do desenvolvimento do dashboard. A pesquisa é utilizada quando não há informações suficientes para solucionar um problema, havendo a necessidade então de obter conhecimento e, através de métodos e sistematização, proporcionar respostas para as adversidades encontradas. Somente através do conhecimento adquirido com a pesquisa, é possível conferir significado e compreender a necessidade das ações a serem tomadas de modo a fazer algo de maneira mais eficaz (LUCKESI et al., 1985; GIL, 1995; MINAYO, 1998; TOZONI-REIS, 2009).

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Da natureza da pesquisa, este trabalho encaixa-se como aplicada, visto que, de acordo com Tozoni-Reis (2009), “o trabalho de conclusão de curso, assim como a monografia, exigem a delimitação de um único tema de estudo no processo da pesquisa”. O tema de estudo deste trabalho é a resolução de um problema singular, que é a utilização de uma ferramenta para centralização das informações sobre os defeitos em uma linha de produção.

Da abordagem da pesquisa, ela é qualitativa, pois explora uma maneira de organizar, ilustrar e interpretar os dados coletados. A pesquisa qualitativa baseia-se na compreensão do conceito dos fatos, ou seja, possui foco na realidade de forma complexa e explicando o contexto, sem a necessidade de métodos e técnicas estatísticos (SILVA; MENEZES, 2001; ARAÚJO; OLIVEIRA, M. C., 1997).

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois seu propósito é aumentar o contato com o problema em questão, elaboração de hipóteses e levantamento bibliográfico e de experiências práticas do problema pesquisado, para melhor entendimento dos fenômenos que o problema em questão causa, suas consequências, entre outros aspectos (GIL, 1995; SILVA; MENEZES, 2001).

Dentro da pesquisa exploratória, os procedimentos técnicos deste trabalho são de um estudo de caso, uma vez que estuda a solução de um problema em específico, de forma detalhada e específica, conhecendo melhor os eventos característicos cujos resultados e análises podem ser aplicados em soluções de outras áreas (GIL, 1995; SILVA; MENEZES, 2001; ROBERT et al., 2001).

Assim, foi possível definir os procedimentos necessários para atingir cada um dos

objetivos específicos apresentados na introdução deste trabalho, cumprindo com o objetivo geral, e solucionar o problema exposto. Os procedimentos da pesquisa e desenvolvimento da metodologia são apresentados nas seções seguintes.

### 3.2 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

Para obter uma avaliação completa do problema, a pesquisa foi dividida em três partes: revisão sistemática da literatura, pesquisa de campo e desenvolvimento do dashboard. Cada uma dessas partes possui etapas específicas, descritas no Quadro 2, de modo a cumprir com os procedimentos técnicos explicados na seção anterior.

**Quadro 2 – Etapas dos procedimentos metodológicos**

<b>Partes</b>	<b>Etapas</b>	<b>Objetivos Atingidos</b>
<b>Parte 1 — Revisão Sistemática de Literatura</b>	1ª Etapa – Revisão de literatura	Construção de um embasamento teórico sobre o assunto e soluções até então encontradas
<b>Parte 2 — Pesquisa de Campo</b>	2ª Etapa - Pesquisa de campo na empresa	Identificação dos indicadores utilizados  Identificação dos métodos até então empregados para análise de dados Identificação de ferramentas e plataformas para auxílio no trabalho
	3ª Etapa — Desenvolvimento do dashboard	Análise da padronização e confiabilidade dos métodos até então utilizados Análise dos requisitos solicitados pela gerência e colaboradores
<b>Parte 3 — Desenvolvimento do dashboard</b>	4ª Etapa — Desenvolvimento do dashboard	Utilização de uma ferramenta para análise e visualização gráfica de dados Selecionar o design das visualizações para fácil entendimento Implementação do dashboard na nuvem para atualização automática
	5ª Etapa - Análise dos resultados alcançados	Avaliação da efetividade do dashboard  Associação entre os temas citados nesta pesquisa

**Fonte:** elaborado pelos autores.

### 3.3 ELABORAÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para realizar a construção do portfólio de artigos científicos para a Revisão Sistemática de Literatura, foi empregada a Methodi Ordinatio (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015; PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2017). Trata-se de uma ferramenta de decisão multicritério que permite a ordenação de artigos considerando três variáveis: Ano de publicação, Fator de

impacto (Fi) e Número de citações (Ci) do artigo. A partir da ponderação das três variáveis ocorre a ordenação de um portfólio de artigos, por meio da Equação (1), que indica a relevância científica do artigo.

Por meio dessa ordenação de artigos é possível classificar os trabalhos individualmente, o que, diante da grande quantidade de artigos resultantes da pesquisa, proporciona uma maneira de selecionar os trabalhos mais adequados com exame científico, otimizando a tarefa do pesquisador sem comprometer a qualidade científica. As etapas para a presente pesquisa são detalhadas a seguir.

- Etapa 1 — Estabelecimento da intenção de pesquisa: busca sobre ferramentas, modelos e processos para analisar, relacionar e visualizar os dados coletados na empresa;
- Etapa 2 — Pesquisa exploratória preliminar de palavras-chave em bancos de dados: a pesquisa foi realizada no banco de dados Scopus, da Elsevier (ELSEVIER B.V., 2021);
- Etapa 3 — Na realização das buscas no Scopus, a busca foi realizada nos títulos, resumos e palavras chave de documentos, sem a delimitação de um período de tempo específico;
- Etapa 4 — Busca final nas bases de artigos: utilizando palavras chave para encontrar documentos de acordo com o delimitado na etapa 3, foram encontrados, no total, 64 artigos, conforme Quadro 3.

<b>Quadro 3 – Resultados das buscas nas bases de dados</b>	
<b>Combinações de Palavras Chave — Scopus</b>	
"production defect*"AND "data analy*"	1
"quality management"AND "data analy*"AND "dashboard"	13
"dashboard" AND "defect*"	27
"dashboard"AND "data analy*"AND ("kpi*"OR "indicator*")	23
<b>Total</b>	<b>64</b>

**Fonte:** elaborado pelos autores, com base em dados da Elsevier B.V. (2021).

- Etapa 5 — Procedimentos de filtragem: evitando artigos duplicados e fora do tema em questão, realizou-se um processo de filtragem. O resultado obtido nesse processo foi, conforme Quadro 4.
- Etapa 6 — Identificando o fator de impacto, ano e número de citações: o fator de impacto selecionado para atribuir a importância ao periódico foi o JCR (*Journal Citation Reports*), caso a revista não apresentasse essa métrica, a sequência de métricas adotadas foram: *CiteScore*, *Scientific Journal Rankings* — SJR e *Source Normalized*

**Quadro 4 – Procedimentos de filtragem**

<b>Procedimentos de Filtragem</b>	<b>Artigos Deletados</b>
Artigos duplicados	4
Artigos fora do tema	35
Total de artigos deletados	39
<b>Total de artigos no portfólio</b>	<b>25</b>

**Fonte:** elaborado pelos autores.

*Impact per Paper* — SNIP. Se o periódico não apresenta nenhuma dessas métricas, o valor atribuído ao do artigo é zero. O ano de publicação é coletado no próprio artigo e por fim, o Número de citações (Ci), que é encontrado no Google Scholar.

- Etapa 7 — Classificando os artigos: Essa fase busca classificar cada artigo de acordo com sua relevância científica, por meio da Equação (1), denominada InOrdinatio:

$$InOrdinatio = (Fi/1000) + \alpha[10 - (AnoPesquisa - AnoPublicacao)] + (Ci) \quad (1)$$

Em que:

- Fi é o Fator de impacto;
- $\alpha$  é um fator de ponderação variando de 1 a 10 atribuído pelo pesquisador e quando mais próximo do 10 maior importância da atualidade do tema;
- AnoPesquisa é o ano em que a pesquisa foi realizada;
- AnoPublicação é o ano em que o artigo foi publicado;
- Ci é a quantidade de citações do artigo.

Após a ordenação dos artigos, definiu-se como critério de leitura, que todos os artigos com InOrdinatio maior que 81 seriam considerados para a revisão de literatura. Essa filtragem justifica a utilização da metodologia de pesquisa Methodi Ordinatio, para compor o portfólio de artigos conforme relevância aceita pela comunidade científica.

- Etapa 8 — Encontrando os artigos completos: dos 18 artigos selecionados, em somente 1 não foi possível o acesso completo ao texto;
- Etapa 9 — Leitura final e análise sistemática de artigos: Após classificados em ordem de relevância, os artigos foram lidos e analisados em sua totalidade.

### 3.3.1 Análise de Conteúdo

A análise do conteúdo foi embasada nos documentos contidos na seção Referências Bibliográficas deste trabalho, buscando informações sobre métodos de análise de Big Data e



maneiras de visualização de dados, além de outras ferramentas de auxílio à tomada de decisão. Esta análise serviu para a construção de um conhecimento teórico sobre o assunto e das técnicas que podem ser utilizadas, que foram apresentadas na seção anterior, Revisão Teórica. Estas informações ampliaram a compreensão dos autores sobre o assunto, e como os tópicos de TQM, Big Data e BI estão interligados.

Assim, juntamente com os dados coletados na pesquisa de campo, foi possível estabelecer qual tipo de ferramenta seria utilizada neste estudo de caso e seus propósitos funcionais e não funcionais, sendo o primeiro as informações que a ferramenta deve providenciar, e o segundo, sua interface e estrutura.

### 3.4 PESQUISA DE CAMPO

Após a revisão de literatura, foi realizada a pesquisa de campo, visando identificar os parâmetros de qualidade mais utilizados, o banco de dados e como este é estruturado, as informações mais solicitadas e compreender a demanda dos gestores da empresa com o objetivo da ferramenta.

Para poder desenvolver uma plataforma que apresentasse dados relevantes ao dia a dia dos setores, realizou-se um levantamento das ferramentas de qualidade que a empresa utiliza para poder mensurar o andamento e a qualidade de seus processos. Essa pesquisa é importante também para o estudo posterior de como realizar o cálculo e análise desses valores, para conseguir selecionar as visualizações que sejam o mais proveitosas possíveis, sendo assim possível obter o máximo de informações possíveis desses dados.

Posteriormente à identificação das ferramentas de qualidade e do banco de dados, realizou-se um levantamento entre os setores, para entender os principais desafios e dificuldades ao lidar com a análise desses KPIs. Esse ponto da pesquisa de campo é essencial para entender exatamente o que é esperado do desenvolvimento dessa plataforma, como ela será empregada na análise de defeitos e possíveis projetos de melhoria. Assim, pode-se selecionar a melhor ferramenta para desenvolvimento, compreender as expectativas da empresa com este trabalho e quais possíveis relações com a política organizacional, objetivos da TQM e empregar as tecnologias oferecidas com o avanço do desenvolvimento da indústria 4.0.

Com essas pesquisas realizadas foi possível identificar que tipo de ferramenta seria utilizada. Seu propósito funcional é descrever, de maneira clara e direta, através de visualizações gráficas interativas, em uma única plataforma, com atualizações automáticas e acessível a todos

os colaboradores, o estado atualizado dos KPIs de defeitos da linha de produção de correias transportadoras.

### 3.5 METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO DASHBOARD

Para fazer a integração entre os dados e as análises gráficas, foi utilizado o software Power BI, da desenvolvedora Microsoft (MICROSOFT, 2021). O Power BI é uma plataforma para BI personalizada, onde é possível fazer o upload, separação e escolha de dados e, através deles, obter visualizações, relatórios personalizados, entre outros recursos. O Fluxograma 1 representa o desenvolvimento do *dashboard*, explicado melhor ao longo desta seção.

**Fluxograma 1 – Fluxograma do desenvolvimento do dashboard**



**Fonte:** elaborado pelos autores.

A coleta de dados é realizada através de cartas de controle e de defeitos eletrônicas, preenchidas pelo operador. Esses documentos apontam características dos processos, produtos e defeitos, que são alocados em um banco de dados, gerido por uma empresa terceirizada. Através da plataforma disponibilizada por esta empresa, é possível selecionar as informações a serem importadas, de acordo com o produto, máquina e tipo de documento (carta de controle ou de defeitos). A coleta dessas informações é feita e será melhor explicado na Seção 4.2.

Após a seleção dos dados a serem usados na análise, com a aba Modelo do Power BI é possível relacionar as diferentes tabelas, para interligar os resultados. O esquema em estrela, que foi utilizado neste trabalho, classifica as tabelas em dimensão e fato. Elas estão relacionadas através de um esquema de ligações, onde uma tabela fato fica centralizada e as tabelas de dimensão ficam à sua volta, sendo que as tabelas dimensão são os itens a serem modelados (local, produto, data) e contém uma ou duas colunas chaves e colunas descritivas, e as tabelas fato armazenam observações e/ou eventos, contendo as colunas chave das tabelas de dimensão para identificação e colunas numéricas. Esse modelo é adotado pois possibilita a execução em partes do projeto e, apesar de ocupar mais espaço, é de fácil implementação (PITON, 2019; MYERS et al., 2019).

Na aba Dados do Power BI, é possível realizar a modificação das tabelas. Novas medidas, colunas, cálculos, entre outros, podem ser adicionados. A exclusão de valores divergentes (como letras em colunas de números) e colunas ou linhas em branco, padronização e classificação das chaves e identificadores também é possível. Assim, estas tarefas foram realizadas para aprimorar os resultados.

Na última aba, Relatório, é possível utilizar ferramentas gráficas como tabelas, gráficos, mapas, matrizes, indicadores, visuais R e Python, entre outros, para visualizar e adquirir conhecimento através das informações coletadas. A análise do design do *dashboard* é importante, pois ele é uma ferramenta de comunicação entre os dados e as informações, sendo que um visual claro possui um papel fundamental na eficiência das análises, e um equilíbrio entre gráficos complexos e design é necessário (JING et al., 2019).

O *dashboard* elaborado possui quatro interfaces: dados da inspeção mensal, dados diários da vulcanização e inspeção e análise de relações. Essas interfaces foram selecionadas pois são derivadas das respectivas cartas de controle e de defeitos de cada setor, sendo assim possível acompanhar o estado geral da identificação e reparo de defeitos em cada uma destas áreas. Essas interfaces foram organizadas de modo a dar uma melhor compreensão sobre cada aspecto do processo. Os dados da inspeção mensal providenciam um olhar geral sobre o estado total do

processo, enquanto as interfaces dos dados diários da vulcanização e inspeção demonstram a condição dos produtos em cada um dos setores, e na análise de relações é possível observar possíveis associações entre características da construção das correias e suas inconformidades, possibilitando planos de ação mais específicos para cada característica da correia.

### 3.5.1 Análise dos Resultados Alcançados

Dentre os ganhos apontados com o desenvolvimento do *dashboard*, pode-se citar o menor tempo ao fazer as análises de KPIs, o conhecimento da quantidade de cada defeito e qual o mais recorrente, a possibilidade de encontrar relações entre especificações das correias e suas imperfeições, para poder priorizar projetos de melhoria de processo, redução de custos no orçamento da empresa e a facilidade no compartilhamento de informações entre setores.

Através dos procedimentos adotados com a pesquisa que foi explanada neste capítulo e a Revisão Teórica (Capítulo 2) foi possível cumprir um objetivo específico citado no Capítulo 1: realizar o levantamento das principais ferramentas de análise de Big Data, que foi alcançado através da pesquisa descrita e da revisão sistemática *Methodi Ordinatio*. Os procedimentos da pesquisa de campo e o desenvolvimento da plataforma são apresentados no Capítulo 4 a seguir.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho são apresentados e discutidos nesta seção, dividida em três tópicos, como os apresentados anteriormente na metodologia: Resultados da Revisão Teórica (Seção 4.1), Resultados da Pesquisa de Campo (Seção 4.2) e Resultados do Desenvolvimento do *Dashboard* (Seção 4.3). Esses tópicos são descritos a seguir.

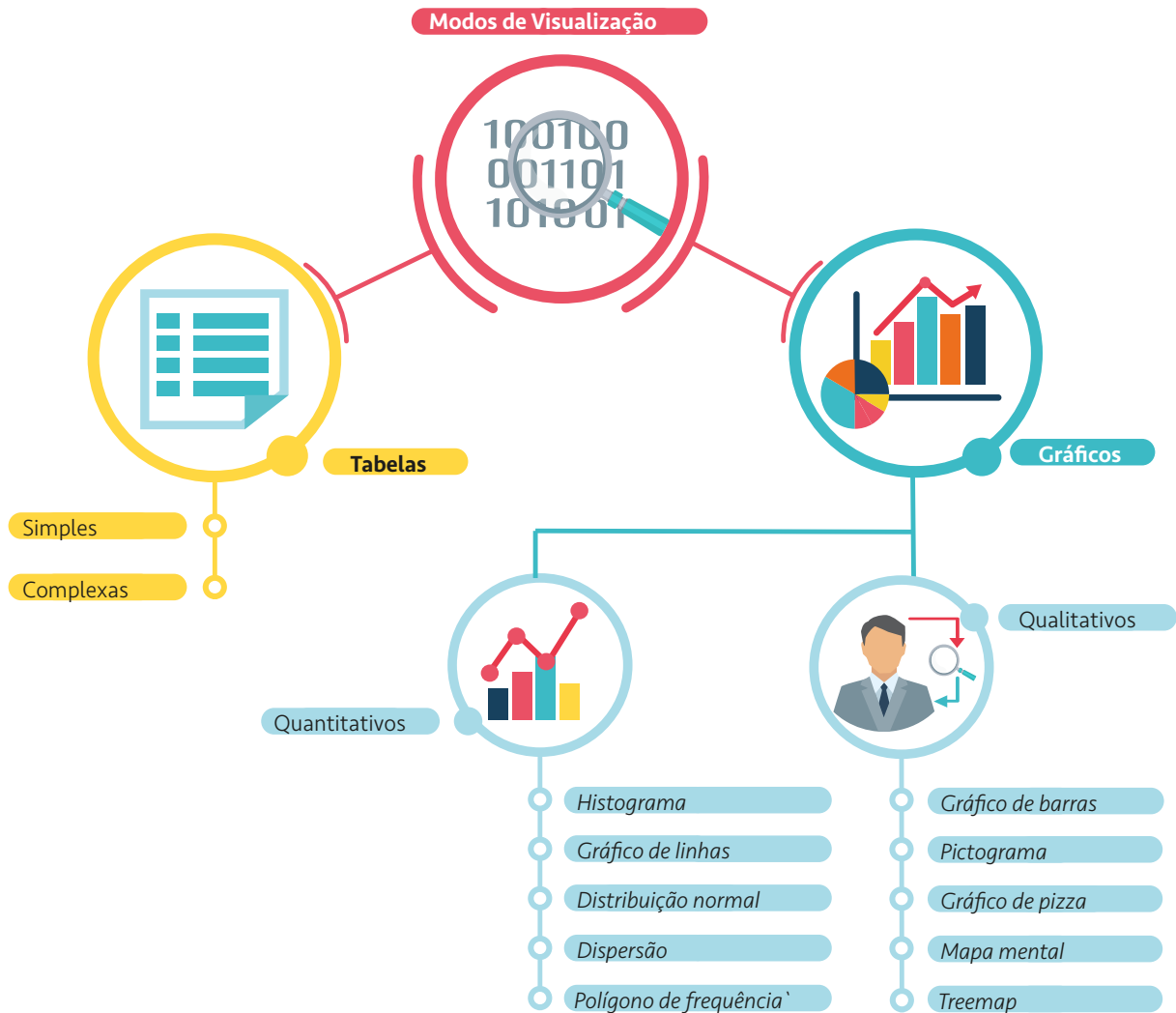
### 4.1 RESULTADOS DA REVISÃO TEÓRICA

A revisão teórica abrange os resultados da pesquisa realizada sobre as técnicas e ferramentas de análise e visualização de dados, como explicados na seção Revisão Teórica. Pode-se observar que as ferramentas de *Big Data Analytics* e BI estão consolidadas no meio acadêmico e empresarial como as mais eficazes para fazer o tratamento, análise e visualização de Big Data. A análise de Big Data manualmente ou através de simples técnicas estatísticas seria extenuante e inviável, visto a quantidade e complexidade dos dados, que muitas vezes não demonstram uma ligação aparente entre si.

Desta maneira, *Big Data Analytics* e BI fornecem recursos para lidar com essas informações, através de técnicas de tratamento de dados, para que estes sejam congruentes e possibilitem uma análise real do estado da arte. Esta análise é importante pois permite à organização o uso em sua totalidade dos dados gerados em seus processos, podendo assim identificar os principais pontos a serem explorados, sejam estes oportunidades de melhoria, identificação de gargalos e ineficiências de processo, para então poder elaborar planos de ação efetivos, com o conhecimento do que está acontecendo dentro da própria empresa.

Dentre as técnicas de obtenção de conhecimento através dos dados, existem as representações gráficas. Elas são o método mais eficiente de observar informações e correlações entre dois ou mais fatores (BRAȘOVEANU et al., 2017). A Fig. 3 explicita os vários tipos de visualizações possíveis com dados, de acordo com a pesquisa realizada.

**Figura 3 – Tipos de visualizações de dados**



**Fonte:** elaborado pelos autores.

O foco principal da análise de dados é atestar informações, e isso é feito através de visualizações. Com a Figura 3 é possível ver a diversidade de designs e suas aplicações, sejam para demonstrar um resultado quantitativo, qualitativo ou identificação de tendências através dos dados. As visualizações precisam ilustrar esse conhecimento de maneira clara e intuitiva, para que, mesmo os dados mais complexos possam ser demonstrados através de um equilíbrio entre a estética e a funcionalidade, para permitir a elaboração de planos de ação, identificação de problemas e oportunidades, monitoramento e compreensão sobre processos, por exemplo (ZHENG, 2014; SOUZA et al., 2020; BÖHLEN; MAZEIKA, 2008).

Através dessas informações, é possível cumprir com os objetivos da TQM. A utilização dos dados gerados no processo para tomada de decisão é o ponto principal da tomada de decisão com base em evidência, sendo possível desta forma obter mais informações sobre

análises de performance, causas raiz de defeitos e demandas dos clientes, por exemplo. A análise de performance serviria de base para a gestão de relacionamento interno, entre gerência e chão de fábrica e também com o engajamento das pessoas possibilitando oportunidades de desenvolvimento profissional e cativando para cumprir metas, que por sua vez facilitam o alinhamento de estratégias da liderança. A observância de causa raiz de defeitos resulta, por exemplo, em uma melhor compreensão de como as etapas do processo influenciam umas às outras, viabilizando uma abordagem mais precisa e eficiente, e a contínua aquisição de dados e informações, em um ciclo de melhoria contínua. Todos estes pontos, por sua vez, impactam diretamente o cliente, seja na qualidade e custo do produto, no apoio no pré e pós venda, e, conseqüentemente, sua satisfação.

Por conseguinte, realizou-se a pesquisa de campo na empresa para entender suas dificuldades em lidar com a análise de Big Data, seus objetivos principais e expectativas com o desenvolvimento do *dashboard*. Os resultados da pesquisa de campo são apresentados e discutidos na seção seguinte.

## 4.2 RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

O trabalho foi desenvolvido em uma multinacional fundada em 1871, que atua em diversos setores da indústria, dentre eles o desenvolvimento produtos e soluções de tecnologia automotiva, rede e segurança de carros autônomos, *powertrain*, além de produtos derivados de borracha e outros polímeros, como coxins, tubulações, sistemas de transmissão de energia mecânica, vedações, correias transportadoras, entre outros. Em 2019, estava presente em 59 países, empregando mais de 240 mil trabalhadores. Este trabalho foi desenvolvido na unidade de correias transportadoras na cidade de Ponta Grossa, Paraná.

As correias transportadoras são utilizadas principalmente em aplicações de transporte de grandes quantidades de materiais que exigem alta demanda e produtividade. São destinadas ao transporte de minérios, químicos, grãos, entre outros. O processo de fabricação de uma correia transportadora varia de acordo com sua aplicação, baseado nas propriedades em que será submetida em campo, e detêm um processo de alta complexidade técnica para garantir ao cliente durabilidade, qualidade e robustez.

De forma resumida, a correia pode ser composta por um núcleo têxtil ou de cabos de aço. O processo inicia na sala de misturas, onde a borracha é formulada de acordo com as receitas da empresa e a aplicação do cliente. Na sequência, o material é conformado em mantas que

em seguida são combinadas ao núcleo, que pode ser de cabos de aço ou manta têxtil. Então a correia passa pelo processo de vulcanização que atribui à correia propriedades mecânicas de alta resistência. Por fim, o produto é inspecionado, embalado em bobinas e enviado para o cliente.

Com o objetivo de manter os processos em constante melhoria, são estabelecidos indicadores que demonstram a performance, estabilidade e potencial dos processos e células responsáveis pela manufatura das correias. Esses indicadores são anualmente atualizados com o objetivo de traduzir as diretrizes da alta gestão em ações de melhoria de processos. O Quadro 5 apresenta os principais indicadores relativos aos defeitos.

**Quadro 5 – Indicadores utilizados pela empresa**

<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>
Custo da Não Qualidade	É a soma dos custos dos desperdícios relacionados a qualidade.
Reclamações	Quantidade de reclamações de clientes, procedentes de produtos produzidos pela planta do estudo de caso.
Refugos	Todos os Materiais produtivos descartados.
Reparos por cem metros	Quantidade de defeitos que precisam ser reparados a cada 100 metros lineares de correias.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

O principal indicador em termos de monitoramento de qualidade é o KPI Reparos por 100m, apresentado na Equação (2). Esse indicador demonstra de maneira clara e direta o desempenho do processo e da operação em termos da qualidade do produto a ser monitorado. Trata-se de um cálculo simples que indica o número médio de defeitos em cem metros de correia produzida.

$$KPI \text{ Reparos por } 100m = \frac{\text{Numero de defeitos}}{\text{Metragem de correia produzida}} \times 100 \text{ metros} \quad (2)$$

Apesar da Equação (2) ser relativamente simples, observou-se na pesquisa de campo que o principal problema era no processo de coleta dos dados, elaboração, compartilhamento do KPI Reparo por 100m e dos outros indicadores, pois essa atividade era realizada de modo majoritariamente manual e repetitivo, consistindo em uma coleta diária dos dados em um sistema ERP (Planejamento de Recursos Empresariais, do inglês *Enterprise Resource Planning*) e posterior tratamento dos dados em Excel. Após essas ações, esses indicadores eram enviados por e-mail aos departamentos de interesse, discutidos em reuniões e no *Gemba Walks* (reuniões no chão de fábrica para discutir os problemas onde eles ocorrem).

Por se tratar de defeitos nos últimos processos antes da embalagem, as irregularidades presentes nas etapas de vulcanização e inspeção assumem um papel de alta importância para a Engenharia de Processos. Através do processo de vulcanização, algumas não conformidades



ocorridas em processos anteriores (mistura, calandragem, confecção) podem gerar defeitos no produto final, visto a natureza do processo de reticulação e modificação da estrutura da borracha. Assim, os reparos de alguns desses defeitos são realizados na vulcanização. No caso de defeitos onde a reparação exige maiores esforços, como bolha entre mantas, esse reparo é sinalizado na vulcanização e realizado na célula de inspeção. Essa célula, além de reparar falhas mais complexas, também é responsável por averiguar e garantir que o produto final esteja livre de qualquer não conformidade, antes de ser embalado e enviado ao cliente.

O registro dos defeitos nos setores de vulcanização e inspeção é realizado pelo operador, onde este preenche uma carta de controle eletrônica com o objetivo de monitorar desvios dimensionais nas correias e uma carta de defeitos com todas as ocorrências de não conformidades no processo. Na carta de defeitos, o operador aponta:

- Turno;
- Número do defeito - Índice;
- Nome do defeito;
- Metragem da correia em que o defeito foi identificado;
- Posição na transversal onde o defeito foi identificado;
- Tamanho ou área comprometida pelo defeito;
- Código do defeito;
- Quantidade de ocorrências do defeito na metragem de correia indicada;
- Data do apontamento.

Essas informações são alocadas em um servidor na nuvem, cuja manutenção é de encargo de uma empresa terceirizada. Essa empresa, além de organizar os dados no banco de dados, disponibiliza uma plataforma por onde é possível fazer o acesso e a importação. Esse sistema foi programado em linguagem PHP, sendo que o banco de dados é configurado em linguagem PostgreSQL. Além do servidor na nuvem, há também um servidor interno na empresa dedicado a esse banco de dados.

Diariamente, esses dados eram exportados para um arquivo Excel para serem tratados e modelados em forma de relatórios, os quais eram compartilhados com as partes interessadas e impressos para a exibição nos *Gemba Walks* diários nos setores de vulcanização e inspeção. O Fluxograma 2 ilustra o processo anterior à implementação do *dashboard*.

**Fluxograma 2 – Modo antigo de acompanhamento dos indicadores**



**Fonte:** elaborado pelos autores.

Pelas etapas serem manuais e extremamente repetitivas, o processo de desenvolvimento e análise de indicadores de defeitos estava sujeito a erros de elaboração, prejudicando a confiabilidade nos dados. Cerca de 20 minutos por dia eram consumidos para completar todo o processo de tratamento e compartilhamento de informações relativas aos KPIs de defeitos.

Além disso, os relatórios eram estáticos, ou seja, não possuíam qualquer interatividade, e as informações divulgadas sobre os defeitos não apresentavam a flexibilidade necessária para análises adicionais. Sempre que esses exames eram necessários, realizava-se um novo tratamento de dados e uma análise específica para investigação daquele ponto em questão. Um exemplo desse caso era o controle de indicadores de defeitos após a aplicação de um projeto de melhoria, com o objetivo de verificar de forma prática a efetividade das ações ao longo do tempo. Cada vez que desejava-se verificar a atual evolução do projeto de melhoria realizado, era necessário selecionar os dados referentes à máquina, setor ou produto e filtrar especificamente onde a melhoria foi aplicada através de fórmulas no Excel, para então obter somente os dados referentes ao produto para o qual o projeto foi realizado e comparar a evolução dos indicadores, em relação às análises precedentes.

Como esses dados relativos aos defeitos são utilizados por múltiplas áreas, havia um interesse em centralizar o cálculo dos indicadores de defeitos de forma clara e objetiva, para evitar o retrabalho dos setores de realizar a mesma tarefa, evitar erros humanos e disponibilizar a mesma informação a todos. Além dessas, apresentavam-se outras dificuldades nessa atividade, que estão listadas no Quadro 6.

Como observado no Quadro 6, a falta de uma ferramenta de acompanhamento e visualização desses indicadores de defeitos acarretava à empresa um elevado custo, seja este pelo tempo gasto de seus colaboradores ao ter que realizar a mesma tarefa todos os dias, pela falta de comunicação que podia levar a análises equivocadas que resulta em um ciclo de retrabalhos ou pela delonga à solução de causas de defeitos específicos, visto a necessidade de toda vez realizar novas análises específicas.

**Quadro 6 – Dificuldade na análise de dados**

<b>Dificuldade</b>	<b>Descrição</b>
Tempo despendido com a atualização e tratamento dos dados diariamente	A importação dos dados do banco era feita manualmente e era necessário formatar e tratar os dados. Esse processo demorava cerca de 20 minutos por dia. E, apesar dos dados serem atualizados diariamente por um colaborador, ao longo do dia esses indicadores tornavam-se desatualizados.
Compartilhamento de relatórios	O compartilhamento dos relatórios com as partes interessadas era manual e repetitivo, sendo divulgado por e-mail através de recortes de tela ou pelo próprio arquivo de Excel em que as análises eram feitas. Qualquer colaborador precisava estar nas listas de e-mail para receber as atualizações dos KPIs. Já no <i>Gemba Walk</i> , esses relatórios eram impressos e anexados aos quadros <i>Gemba</i> de cada célula.
Flexibilidade das análises disponíveis	As análises realizadas eram genéricas, sem explorar correlações entre variáveis que provocam maiores influências nos indicadores de defeitos. Quando era necessário uma análise mais específica, os dados eram coletados novamente e tratados exclusivamente para aquele objetivo.
Disponibilidade dos dados	Os relatórios de indicadores de defeitos geralmente demonstravam as análises dos anos separados, ou de um ano em comparação com o anterior, mas não em sua totalidade. Além disso, quando havia informações de um intervalo de tempo maior, não ocorria a categorização das informações, mostrando no relatório apenas a variação do indicador.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Considerando todos esses pontos, deu-se início ao desenvolvimento de uma ferramenta de análise e visualização de dados. Foi escolhido o software Power BI, da Microsoft, por sua consolidação e disponibilidade no mercado. Na seção seguinte a elaboração dessa ferramenta é descrita.

#### 4.3 RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO DO *DASHBOARD*

Para o desenvolvimento da ferramenta, foi utilizado o software Power BI, da empresa Microsoft. O Power BI possibilita a aquisição de dados de diversos tipos de fontes de dados, para realizar a integração entre consulta, modelagem e visualização. Nessa plataforma os dados formam uma estrutura que permite a formação de inúmeras combinações de análises. Dessa forma, o papel de seleção, tratamento e conexão dos dados é vital no desenvolvimento da aplicação.

Os dados necessários às análises são importados, e inicia-se um processo de limpeza e tratamento das informações que se deseja trabalhar. Nesta etapa, é importante manter a organização e a consistência com os dados, para que os mesmos tenham a devida confiança de se tornar ferramentas de apoio à decisão.

Alguns recursos são usados para fornecer cálculos estatísticos e matemáticos, filtros, conexões dinâmicas e aplicações de inteligência artificial. Um desses recursos é a linguagem DAX (Expressões de Análises de Dados, do inglês *Data Analysis Expressions*), uma série de

operadores e funções com as quais o usuário pode fazer o tratamento e manipulação dos dados.

A relação entre os dados ocorre por conexões entre diferentes tabelas. Desse modo, é possível ligar dados de diferentes fontes, desde que exista uma relação consistente entre si. Essas ligações também devem considerar o tempo de processamento dos dados, uma vez que se tratando de tabelas com milhões de linhas, esse tempo de processamento é considerável e deve-se levar em conta. As tabelas chamadas de tabela dimensão são as responsáveis por esse trabalho. Elas caracterizam produtos, processos, máquinas e setores, por exemplo, dando dimensão às informações. Estas, por sua vez, são ligadas à tabela principal, chamada de tabela fato. As informações da coluna que diz respeito à tabela dimensão são substituídas pelas respectivas chaves ou índices, diminuindo o tempo de processamento.

Por fim, o Power BI disponibiliza diversos tipos de visualizações para os dados, a depender da análise que se deseja fazer. Pode-se optar entre os tradicionais gráficos de barras ou linhas, matrizes, *treemaps*, fluxogramas, mapas geográficos, entre outros. Esses gráficos são interativos, ou seja, *dashboards* inteiros podem ser totalmente filtrados por qualquer região do gráfico selecionado pelo cursor do mouse. É possível também a criação de filtros, linhas do tempo e formatações condicionais.

Outro ponto que agrega vantagens ao sistema, são as soluções de compartilhamento. Essas aplicações disponibilizam alertas automáticos que acionam e-mails ou mensagens mediante critérios de variação dos indicadores que se deseja monitorar. Esses alertas enviam avisos ou e-mails às partes interessadas acelerando o fluxo de tomada de decisão e diminuindo o tempo de resposta. Por fim, há a opção do relatório ser publicado online e compartilhado na organização.

Além disso, com a configuração de Gateway Enterprise, que é uma ferramenta do Power BI que centraliza o acesso ao banco de dados e aos relatórios, é possível atualizar todo o modelo de dados dos *dashboards* a cada intervalo de tempo definido pelo desenvolvedor da aplicação. No caso do *dashboard* de KPI de defeitos, os dados eram atualizados a cada hora.

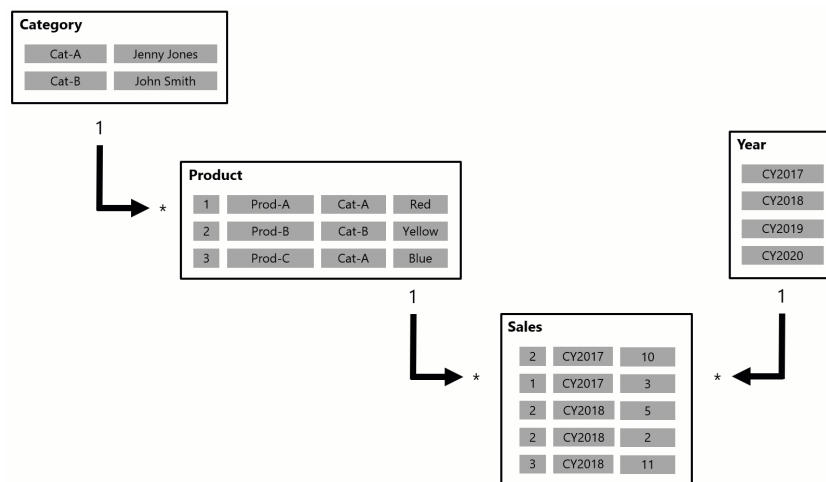
Através da infraestrutura de coleta de dados explanada na seção anterior é possível selecionar os dados a serem utilizados. Para este *dashboard*, os principais dados selecionados foram derivados do Quadro 7.

A Figura 4 exemplifica a forma como a estrutura dos dados importados no modelo é organizada na ferramenta. Buscou-se relacionar as informações de modo que não prejudicasse a performance ou que apresentasse inconsistências nos dados. São essas relações que permitem a conexão de diferentes fontes entre si, estabelecendo vínculos para as análises.

**Quadro 7 – Principais tabelas utilizadas**

Tabela	Descrição
Carta de Controle - Vulcanização	Contém as informações apontadas pela operação nas cartas de defeitos na célula da Vulcanização.
Carta de Controle - Inspeção	Informações apontadas pela operação nas cartas de defeitos na célula da Inspeção. Nesta carta consta se o defeito foi identificado na etapa de vulcanização ou não, e o número de vulcanizações necessárias para reparar os defeitos.
Produção	Tabela onde todas as etapas produtivas são registradas, indicando o horário de início e final de cada atividade, o processo executado, a máquina, a quantidade de correia produzida em metros, o lote da correia, entre outras características.
Defeitos	Tabela contendo todos os defeitos que podem ser encontrados na manufatura de uma correia transportadora.
Características das correias	Características das correias como: tipo do núcleo, largura, comprimento nominal, fornecedor, composto, número de lonas ou de cabos, etc.
Prensas	Relaciona o lote da correia com a prensa em que será vulcanizada.
Máquinas	Recebe o cadastro de máquinas da fábrica e possui informações como comprimento, capacidade, nome, velocidade, etc.

Fonte: elaborado pelos autores.

**Figura 4 – Exemplo de relações entre as tabelas utilizadas no Power BI**

Fonte: Peter Meyers (2021).

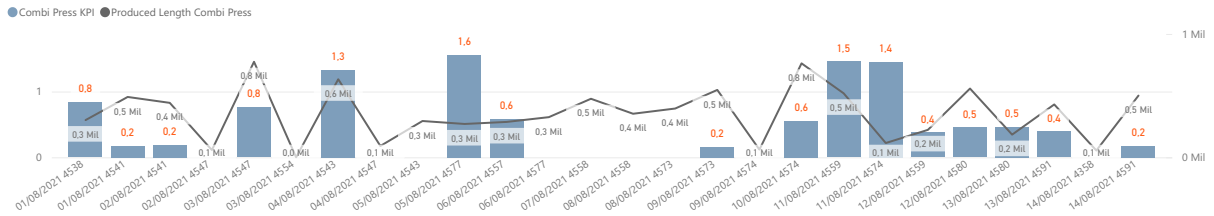
As relações ligam as colunas das tabelas dimensão nas tabelas fato, que possuem uma espécie de resumo dos dados. Essas conexões são estabelecidas através de uma propriedade chamada cardinalidade, que estabelece o caminho da propagação dos filtros aplicados. Essa cardinalidade pode ser de quatro tipos: de um para um, de um para muitos, de muitos para um, e de muitos para muitos. O que definirá esta ligação será o tipo de tabela (dimensão ou fato), visto a exclusividade ou duplicidade dos dados. O valor de um, por exemplo, será de uma tabela dimensão, pois ela contém os índices, sem repetição, dos dados utilizados pelas tabelas fato.

As relações estabelecidas possibilitam a conexão entre as diferentes tabelas para a elaboração das visualizações. Algumas das principais visualizações e suas respectivas aplicações

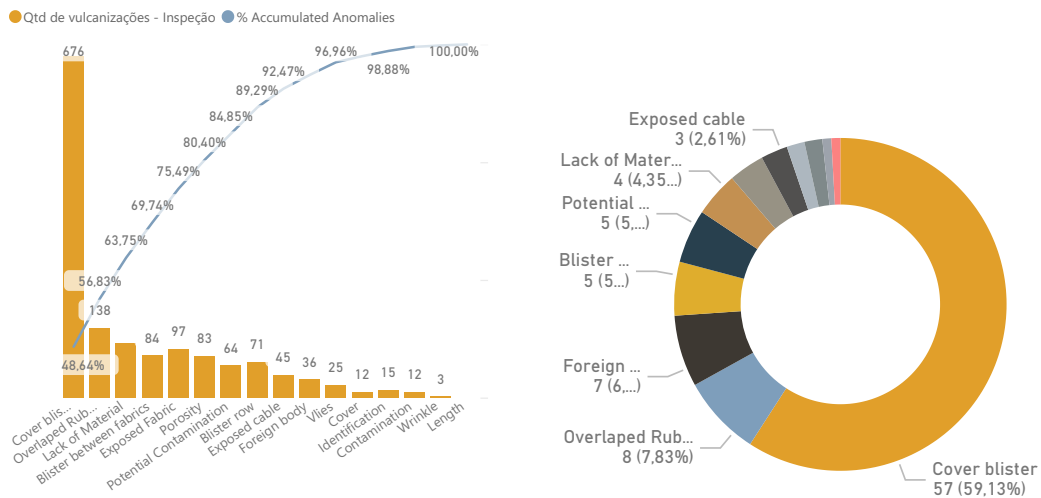
serão apresentadas a seguir como forma de exemplo. Porém é importante mencionar que por se tratar de um *dashboard* de natureza dinâmica, a interatividade com o usuário das visualizações e filtros fica impraticável de ser demonstrado em um documento de texto. Uma projeção dessa interatividade é demonstrada no Apêndice A, caso onde observa-se a incidência de defeitos de bolhas de manta em relação a diversas características e requisitos dos clientes num intervalo de um ano.

Diversas visualizações foram utilizadas para ilustrar a quantidade de defeitos, a metragem de correias produzidas, o KPI Reparo por 100 m, entre outros. As principais estão ilustradas nos Gráfico 1, Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4, sendo que todas as visualizações e suas disposições nos relatórios estão no Apêndice A. As visualizações de barras e linhas foram utilizadas de diversas formas nos relatórios, mas principalmente para fornecer uma visão do KPI de defeitos x a metragem de produção diária. Além disso, esse tipo de gráfico também foi utilizado para gerar um Pareto dos defeitos que acometem as correias. Já os gráficos de rosca foram utilizados para demonstrar de forma direta uma visão das parcelas de defeitos que se destacam nas produções de correias. Todas essas visualizações estão no Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Gráfico de barra e linha combinados e gráfico de rosca**



**(a) Gráfico de barras e linhas combinado do do KPI de defeitos x a metragem de produção diária**



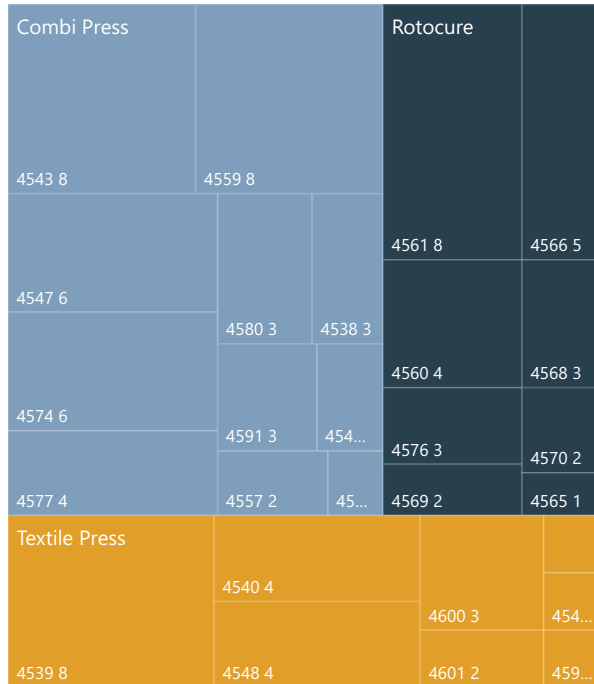
**(b) Pareto dos defeitos que acometem as correias**

**(c) Parcelas de defeitos que se destacam nas produções de correias**

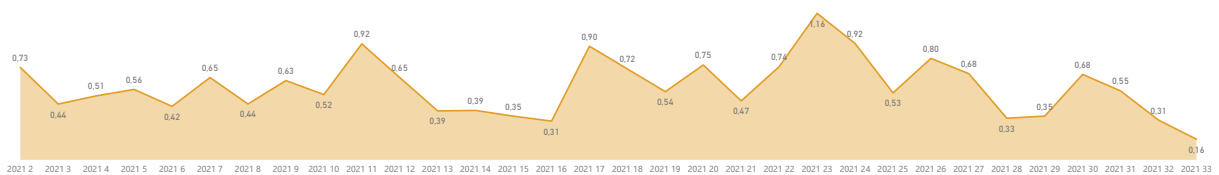
Fonte: elaborado pelos autores.

Os *treemaps* fornecem uma visão em termos de sua área. No caso do Gráfico 2(a), o *treemap* aponta a maior incidência de defeitos na prensa têxtil. E dentro da área de cada prensa, indicada pelas cores, há a área de cada correia que quanto maior, maior os valores de seu KPI de defeitos. Gráficos de área foram utilizados para exprimir a incidência dos defeitos selecionados de forma clara em intervalos de tempo selecionados, como visto no Gráfico 2(b).

**Gráfico 2 – Treemap e gráfico de área**



**(a) Treemap das correias com mais defeitos separados por prensa**

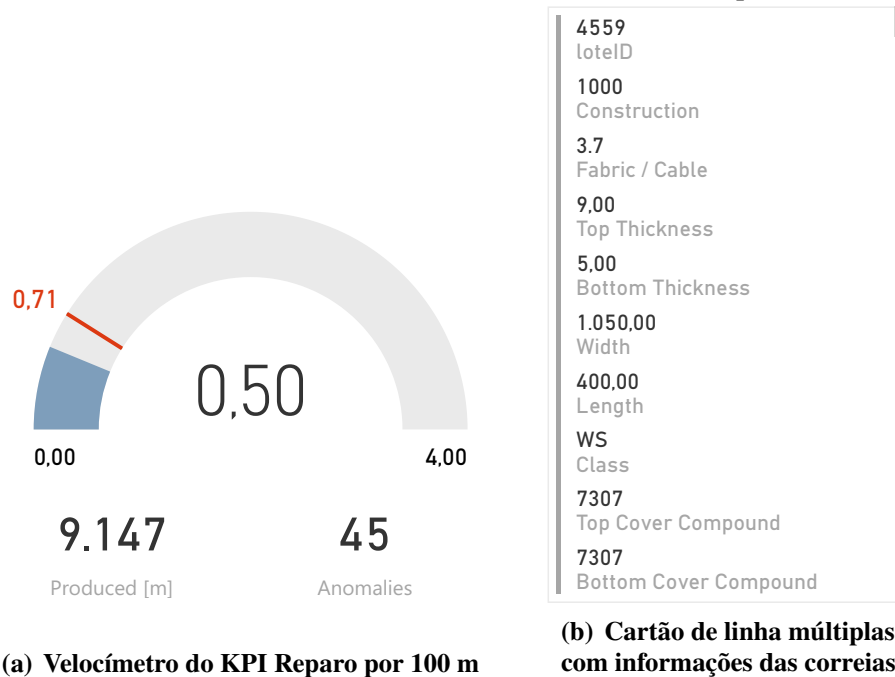


**(b) Gráfico de área dos defeitos em relação ao tempo**

**Fonte: elaborado pelos autores.**

Os velocímetros foram utilizados em conjunto com cartões para indicar e monitorar de forma direta as metas de performance dos indicadores de acordo com os filtros selecionados, proporcionando um meio rápido e confiável de tirar informações e diagnosticar os indicadores. Os cartões de linhas múltiplas foram posicionados nos *dashboards* para informar e concentrar de forma clara quais as propriedades e características das correias que foram selecionadas nos filtros do *dashboard*. Dessa forma, é possível verificar a lista técnica que está sendo filtrada no momento. Essas visualizações estão ilustradas no Gráfico 3.

**Gráfico 3 – Velocímetro e cartão de linhas múltiplas**



Fonte: elaborado pelos autores.

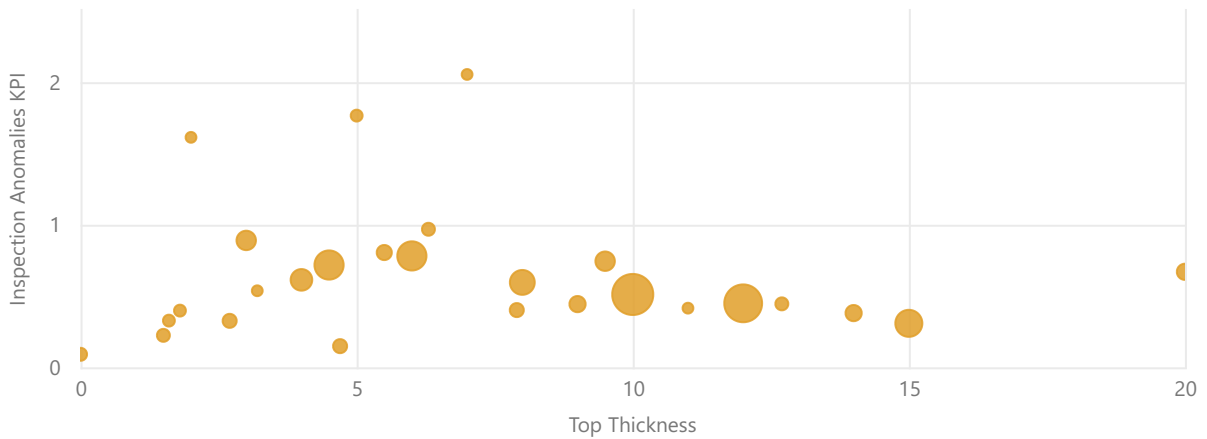
Por fim, os gráficos ilustrados no Gráfico 4 são, gráficos de dispersão, utilizados para identificar correlações entre dimensões da correia e os indicadores de defeitos (Gráf. 4(a)), histogramas para indicar as posições da correia (de 0 a 100% de seu comprimento) que mais apresentam defeitos (Gráf. 4(b)), e uma árvore hierárquica que indica quais características são mais relevantes em termos de incidência de defeitos, e como esses defeitos se distribuem entre elas (Gráf. 4(c)).

Com a finalidade de realizar análises mais direcionadas é possível utilizar filtros de dados. Através deles é possível monitorar os dados a partir de diferentes perspectivas, especificando os critérios em que a análise deve ser verificada de forma dinâmica. Dessa forma, a recorrente coleta e tratamento de dados manuais para análises mais específicas torna-se desnecessária, possibilitando uma análise direta, flexível e consistente numa mesma fonte de dados para toda a organização. Além disso, filtros possibilitam a análise dessas condições inerentes aos processos, o que é essencial para o controle de projetos de melhorias e a identificação de defeitos, propiciando mais velocidade na tomada de decisão.

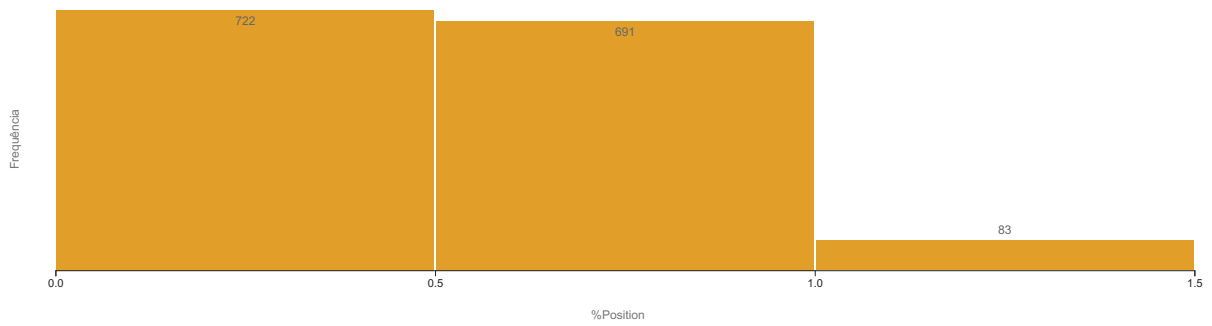
No trabalho em questão foram utilizados filtros com o período de tempo, características e propriedades das correias, prensas, e turnos, por exemplo. O emprego desse recurso é demonstrado na Figura 11, no Apêndice A. Todas essas informações e visualizações em conjunto, proporcionam um entendimento vital para o monitoramento e melhoria dos processos no que se



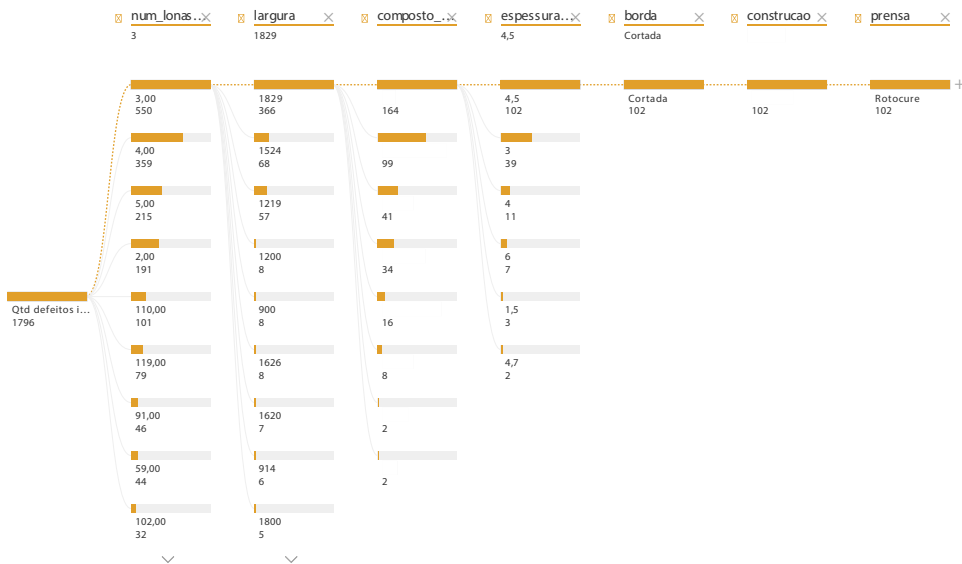
**Gráfico 4 – Gráfico de dispersão, histograma e árvore hierárquica**



**(a) Gráfico de dispersão entre as dimensões das correias e defeitos**



**(b) Histograma dos defeitos em relação à porcentagem do comprimento**



**(c) Árvore hierárquica das características mais relevantes na ocorrência de defeitos**

**Fonte:** elaborado pelos autores.

refere a incidência de defeitos. Os *dashboards* foram elaborados de acordo com a demanda em que seriam utilizados. Para isso, foram elaborados quatro *dashboards*.

O primeiro é o *dashboard* de KPI de defeitos, que permite a visualização do indicador

de defeitos por cem metros ao longo do tempo. Esse *dashboard* foi desenvolvido para ser direto e permitir a visualização dos indicadores em comparação com todas as metas estipuladas. Ele também permite uma comparação entre o valor do KPI atual com o mesmo período no ano passado.

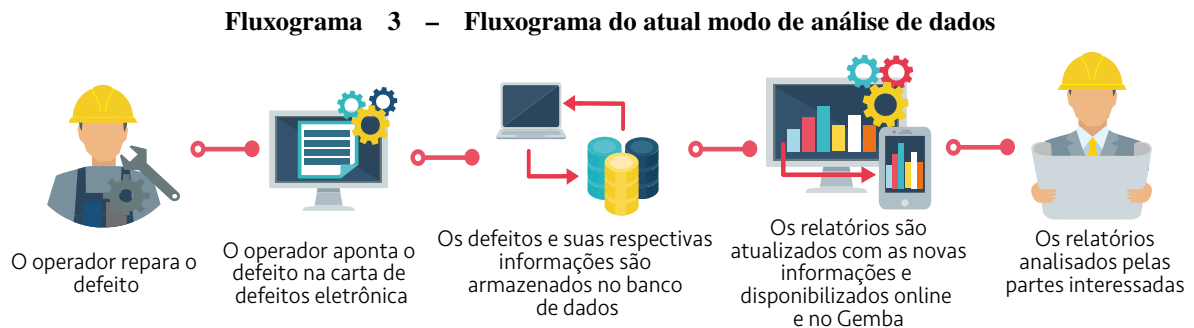
Os outros dois *dashboards* apresentam os defeitos apontados nas células de Vulcanização e Inspeção. Esses relatórios permitem a visualização dos defeitos predominantes em cada correia, ou no período de tempo selecionado. Além disso, demonstram a contribuição de cada correia ao KPI Reparos por 100 m. Também apontam os compostos que mais geram defeitos e as suas metragens produzidas.

O último *dashboard* trata de uma forma de analisar todos os defeitos provenientes da Inspeção. O objetivo é examinar a influência de cada característica das correias em relação a quantidade de defeitos apontadas. Outra função desse *dashboard* é verificar de forma rápida se um projeto de melhoria aplicado a um determinado mix de correias surtiu efeitos nesses grupos. Esses *dashboards* são apresentados nas Figura 7 e Figura 8, no Apêndice A. O arranjo dessas informações desta forma permite uma análise direta do estado atual dos defeitos de acordo com a demanda do usuário.

Para que os dados analisados sejam os mais atuais, os *dashboards* possuem atualização a cada 30 minutos, através do Gateway Enterprise. O acesso dos colaboradores aos relatórios acontece pela da estruturação do programa nesta ferramenta, sem a necessidade de haver uma máquina como servidor. Isso facilita consideravelmente o acesso às informações entre os departamentos, pois extingue a necessidade das listas de e-mails com informações estáticas, ou o envio de arquivos pesados com as análises via Excel. Além disso, é possível disponibilizar esses *dashboards* em grupos ou chats individuais no Microsoft Teams, por exemplo, o que favorece o acompanhamento contínuo dessas ferramentas. Esse compartilhamento contribui também com os *Gemba Walks*, pois permite a substituição de folhas de A4 e A3 por telas LCD com os *dashboards* interativos à disposição dos colaboradores.

A utilização do *dashboard* promoveu uma organização da utilização dos dados entre os setores da empresa, interligando informações e reduzindo o tempo gasto nesta tarefa. A confiabilidade dos dados também progrediu devido a uma maior centralização da informação e diminuição da manipulação. Além disso, o compartilhamento dos dados já tratados torna a comunicação muito mais eficiente, produtiva e a disposição de toda a organização. Assim, existe na utilização do *dashboard* uma economia de tempo ao realizar as análises, a identificação dos principais defeitos e das correias com mais anomalias, e, conseqüentemente a redução

dessas falhas e do tempo gasto com reparos, ao elaborar planos de ação mais eficientes, ao ter o conhecimento concreto das causas raiz. O Fluxograma 3 mostra como essas etapas estão sendo realizadas.



**Fonte: elaborado pelos autores.**

Como é possível observar pelo Fluxograma 3, quando o operador preenche a planilha eletrônica com novos dados e eles são alocados no banco de dados, ocorre a atualização automática dos relatórios, cabendo ao analista realizar a investigação dessas informações para entender a origem dos defeitos e conseguir atacar suas causas, sendo essa uma abordagem mais eficiente quando comparado com o reparo do defeito, quando este já ocorreu. Os diversos ganhos que a adoção dessa ferramenta proporcionou estão descritos nas duas subseções seguintes: ganhos quantitativos e qualitativos.

#### 4.3.1 Ganhos Quantitativos

O ganho quantitativo observado na implementação dos *dashboards* foi a economia de tempo ao realizar as coletas, tratamentos, análises e compartilhamento de dados.

Antes, o analista precisava escolher as informações a serem utilizadas no banco de dados, importar em uma planilha eletrônica e fazer o devido tratamento, modificação e visualização, para então compartilhar o arquivo ou um recorte de tela. Esse trabalho era realizado diversas vezes por dia, para investigar a ocorrência de defeitos, avaliar a viabilidade de um novo projeto de melhoria, ou até mesmo verificar a efetividade de um projeto já realizado.

O tempo médio gasto, apenas para atualizar os KPIs, era de 20 minutos por dia, fora as demais necessidades mencionadas acima, que demandam muito mais tempo de estruturação e análise. Esse tempo, gasto em tarefas repetitivas e passíveis de automatização, complementa para o analista horas de trabalho por semana, que podem ser utilizadas de maneira mais eficiente, como no atual tratamento das causas dos defeitos.

Agora, com o processo automatizado e com atualizações a cada hora, o analista concentra seu tempo e esforço na elaboração de planos de ação, utilizando as informações disponíveis nos relatórios criados com o *dashboard*. Como consequência desses projetos de melhoria, o tempo gasto do operador ao reparar os defeitos também diminui, sendo essa quantia referente ao resultado de cada projeto. Também há diversos outros ganhos na utilização desta ferramenta, que são os ganhos qualitativos, explicados na subseção seguinte.

#### 4.3.2 Ganhos Qualitativos

A conexão direta do Power BI com o banco de dados possibilita maior confiabilidade e integridade dos dados utilizados, logo que não existe erro humano na importação dessas informações. Essa ligação também propõe a atualização automática dos dados, fornecendo o estado atual da linha de produção. O Power BI também oferece o alojamento dos relatórios em um servidor, proporcionando o acesso de todos os setores da empresa aos relatórios e suas análises, o que facilita o compartilhamento dos relatórios. Todos os relatórios podem ser acessados pelos setores na plataforma online do Power BI ou no Microsoft Teams, também é possível utilizar os *dashboards* nos *Gembas* em telas LCDs. Esses recursos trazem flexibilidade para os dados, favorecendo seu uso como ferramenta diária de tomada de decisão.

Portanto, o *dashboard* possibilitou uma centralização da análise de defeitos, e a possibilidade de utilização dos dados para rastrear diversas perspectivas de ocorrências de anomalias nos processos de vulcanização e inspeção.

A conexão entre TQM, Data Analysis e BI oferece uma maior eficiência nos processos, ao utilizar a tecnologia da Indústria 4.0 em prol dos pilares da TQM. A tomada de decisão com base em evidência, o foco na melhoria e a abordagem do processo podem desfrutar dessas ferramentas, ao possibilitar a utilização de Big Data para entender o que acontece no processo, através das análises com o *dashboard*. Os relatórios são essenciais para a tomada de decisão com base em evidência, pois apresentam as informações mais confiáveis que dão base para os projetos da empresa, sejam esses de melhoria, ampliação ou desenvolvimento.

A centralização das análises através do *dashboard* e o compartilhamento desses relatórios entre os departamentos e no *Gemba Walk* oferece uma maior transparência das informações dos defeitos, integrando não só as áreas, mas também seus supervisores, ao buscar soluções que atendam o processo, a produção e a engenharia.

## 5 CONCLUSÕES

Este Capítulo busca apresentar as conclusões sobre esse trabalho, as análises dos objetivos estabelecidos no Capítulo 1, algumas considerações gerais e sugestões para trabalhos futuros.

O objetivo geral deste trabalho consistia na implementação de uma ferramenta que utilizasse as informações obtidas no apontamento de defeitos para análise e acompanhamento. Este objetivo foi cumprido através da implementação de *dashboards*, que coletam dados do banco de dados da empresa e, após um tratamento e modelagem, são apresentados em forma de *dashboards* contendo visualizações que permitem melhor reconhecimento do estado do processo.

Para executar o objetivo geral, três objetivos específicos foram determinados. O primeiro busca identificar ferramentas para a análise dos dados disponíveis. A Revisão Teórica empenhou-se em ambientar o leitor sobre o estado da arte deste problema e permitir aos autores realizar essa pesquisa das ferramentas mais utilizadas, sendo a combinação de *Data Analytics* e BI, através de *dashboards* com visualizações gráficas, que possibilitou o cumprimento deste primeiro objetivo.

Já o segundo, que diz respeito à identificação dos indicadores que a empresa utiliza, foi executado durante a pesquisa de campo. A relação desses indicadores encontra-se no Quadro 5. O conhecimento dessa informação possibilitou a definição de prioridades, ao focar na pesquisa de coleta de dados referentes aos mesmos, produzindo assim um relatório mais direto e priorizando o que a empresa atualmente usa.

O terceiro objetivo específico deste trabalho estabelece uma ligação entre os dois anteriores, ao desenvolver uma plataforma online, autônoma e interativa para o acompanhamento dos principais indicadores do processo. Essa plataforma foi desenvolvida no software Power BI, e apresenta 4 relatórios, que estão disponíveis para todas as partes interessadas, sendo que todas as informações contidas nos relatórios são atualizadas automaticamente a cada 30 minutos, possibilitando assim o entendimento atual do estado dos processos que envolvem o apontamento e reparos de defeitos.

Os diversos ganhos obtidos com este trabalho estão descritos nas subseções ganhos qualitativos e ganhos quantitativos, onde houve uma economia direta de tempo ao atualizar, tratar, manipular e compartilhar os relatórios, e uma indireta ao favorecer análises futuras que possam contribuir com a redução dos defeitos antes mesmo de ocorrerem. Dentre os ganhos qualitativos, há a centralização da plataforma, verificação das características específicas dos defeitos e visualização direta das informações. A implementação dessa ferramenta também

aumentou o número de usuários dos relatórios de defeitos dentro da empresa, visto a facilidade no compartilhamento e os dados atualizados.

Em conclusão, a Indústria 4.0 oferece ferramentas como *Big Data Analytics* e BI que permitem a utilização de todas as informações de Big Data de um processo ou linha de produção, permitindo uma abordagem e compreensão mais completa do que ocorre nos processos e das origens de defeitos, dando apoio para as estratégias organizacionais de TQM. Big Data e *Big Data Analytics* trabalham juntas para suprir essa demanda de conhecimento e apresentar dados que geram compreensão dos processos. BI usa esses dados e análises em conjunto com decisões estratégicas, que não seriam possíveis sem todo o processo de aquisição e avaliação dos dados. Esse conjunto de técnicas são fundamentais no contexto de industrialização atual, ao desenvolver compreensão dentro da empresa de seus processos, que destacam-na dentre os concorrentes ao oferecer um produto de maior qualidade e menor custo, ao ter ferramentas que possibilitem a identificação de defeitos antes de eles acontecerem.

A sugestão para trabalhos futuros é a implementação de algoritmos preditivos e prescritivos que para delinear informações relevantes para a melhoria dos processos visando uma redução consistente nos indicadores de defeitos, utilizando técnicas de inteligência artificial e mineração de dados para observar novas relações entre as características das correias e dos processos e os defeitos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 9000:2015**: Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, set. 2015.
- AHRENS, J. et al. Data-intensive science in the US DOE: case studies and future challenges. **Computing in Science & Engineering**, IEEE, v. 13, n. 6, p. 14–24, 2011.
- ARAÚJO, A. O.; OLIVEIRA, M. C. Tipos de pesquisa. **Trabalho de conclusão da disciplina Metodologia de Pesquisa Aplicada a Contabilidade-Departamento de Controladoria e Contabilidade da USP. São Paulo**, 1997.
- BAYSAL, O.; HOLMES, R.; GODFREY, M. W. Developer dashboards: The need for qualitative analytics. **IEEE software**, IEEE, v. 30, n. 4, p. 46–52, 2013.
- BÖHLEN, M. H.; MAZEIKA, A. **Visual data mining: theory, techniques and tools for visual analytics**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008. v. 4404.
- BRAȘOVEANU, A. M. et al. Visualizing statistical linked knowledge for decision support. **Semantic Web**, IOS Press, v. 8, n. 1, p. 113–137, 2017.
- CARVALHO, M.; PALADINI, E. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2013.
- CHEN, C. P.; ZHANG, C.-Y. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. **Information sciences**, Elsevier, v. 275, p. 314–347, 2014.
- CHEN, H.; CHIANG, R. H.; STOREY, V. C. Business intelligence and analytics: From big data to big impact. **MIS quarterly**, JSTOR, p. 1165–1188, 2012.
- CORONEL, C.; MORRIS, S. **Database systems: design, implementation, & management**. [S.l.]: Cengage Learning, 2016.
- DALE, B.; BOADEN, R. et al. The use of quality management techniques and tools: an examination of some key issues. **International Journal of Technology Management**, Inderscience Publishers, v. 16, n. 4-6, p. 305–325, 1998.
- DALE, B.; VAN DER WIELE, A.; VAN IWAARDEN, J. TQM: An overview. **Managing quality**, Blackwell Business Oxford, p. 3–33, 1999.
- DEISSENBOECK, F. et al. Tool support for continuous quality controlling. **Software Engineering**, IEEE Software, v. 25, p. 60–67, 2008.
- DELEN, D.; DEMIRKAN, H. **Data, information and analytics as services**. [S.l.]: Elsevier, 2013.
- ELSEVIER B.V. **Scopus - Document Search**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 18 fev 2021.

FAN, S.; LAU, R. Y.; ZHAO, J. L. Demystifying big data analytics for business intelligence through the lens of marketing mix. **Big Data Research**, Elsevier, v. 2, n. 1, p. 28–32, 2015.

FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control**. [S.l.]: McGraw-Hill, New York, 1991.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; SAKAKIBARA, S. A framework for quality management research and an associated measurement instrument. **Journal of Operations Management**, v. 11, n. 4, p. 339–366, 1994.

FRANK, A. G. et al. Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. **Production**, SciELO Brasil, v. 24, n. 2, p. 295–310, 2014.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1996. **Métodos e técnicas de pesquisa social**, v. 5, 1995.

ISO. **About Us**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html>. Acesso em: 06 abril 2021.

JING, C. et al. Geospatial dashboards for monitoring smart city performance. **Sustainability**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 20, p. 5648, 2019.

KAYNAK, H. The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 4, p. 405–435, 2003.

KONDO, Y. Hoshin kanri-a participative way of quality management in Japan. **The TQM Magazine**, MCB UP Ltd, 1998.

LANEY, D. et al. 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. **META group research note**, Stanford, v. 6, n. 70, p. 1, 2001.

LOBO, P. A. M. Do sistema fordista ao sistema hyundai: uma análise comparativa entre quatro sistemas de produção oriundos da indústria automotiva. **Revista eletrônica machado sobrinho, Juiz de fora**, v. 10, n. 01, p. 43, 2015.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2019.

LUCKESI, C. et al. **Fazer universidade: uma proposta metodológica**. [S.l.]: Cortez, 1985. v. 1, p. 997.

LUHN, H. P. A business intelligence system. **IBM Journal of research and development**, IBM, v. 2, n. 4, p. 314–319, 1958.

LUMBANTORUAN, R. A proposed monitoring dashboard of Smart Cable Guard (SCG). **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 6-3, 2016.

MANYIKA, J. et al. **Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity**. [S.l.]: McKinsey Global Institute, 2011.



MARQUES DA COSTA, N.; MILEU, N.; ALVES, A. Dashboard COMPRIME\_COMPRI\_MOv: Multiscalar Spatio-Temporal Monitoring of the COVID-19 Pandemic in Portugal. **Future Internet**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 2, p. 45, 2021.

MARTIN, N. et al. Developing an emergency department crowding dashboard: A design science approach. **International emergency nursing**, Elsevier, v. 39, p. 68–76, 2018.

MCFEDRIES, P. **Excel Data Analysis: Your visual blueprint for analyzing data, charts, and pivotTables**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010.

MICROSOFT. **Visualização de Dados | Microsoft Power BI**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>. Acesso em: 10 mai 2021.

MINAYO, M. d. S. O conceito de metodologia de pesquisa. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**, Vozes Petrópolis, v. 15, 1998.

MYERS, P. et al. **Understand star schema and the importance for Power BI**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/guidance/star-schema>. Acesso em: 04 mai 2021.

OLIVEIRA, J. A. d. et al. Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Production**, SciELO Brasil, v. 21, n. 4, p. 708–723, 2011.

OZAWA, M. **Total Quality Control and Management; The Japanese Approach**. [S.l.]: Juse Press, 1988.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. TICs na composição da Methodi Ordinatio: Construção de portfólio bibliográfico sobre Modelos de Transferência de Tecnologia. **Ciência da Informação**; v. 46, n. 2 (2017), v. 24, n. 2, 2017.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, Springer, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. [S.l.: s.n.], 2010.

PETER MEYERS. **Modelar relações no Power BI Desktop**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/transform-model/desktop-relationships-understand>. Acesso em: 10 mai 2021.

PITON, R. **Data Warehouse – O Que é Star Schema?** [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://rafaelpiton.com.br/blog/data-warehouse-star-schema/>. Acesso em: 04 mai 2021.

ROBERT, Y. et al. Estudo de caso: planejamento e métodos. **Porto Alegre: Bookman**, 2001.

RUSSOM, P. et al. Big data analytics. **TDWI best practices report, fourth quarter**, v. 19, n. 4, p. 1–34, 2011.

SABOU, M. et al. Towards cross-domain data analytics in tourism: a linked data based approach. **Information Technology & Tourism**, Springer, v. 16, n. 1, p. 71–101, 2016.

SAMSON, D.; TERZIOVSKI, M. The relationship between total quality management practices and operational performance. **Journal of Operations Management**, v. 17, n. 4, p. 393–409, 1999.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. [S.l.]: Editora Ibipex, 2008.

SHEWHART, W. A. Quality control charts. **The Bell System Technical Journal**, Nokia Bell Labs, v. 5, n. 4, p. 593–603, 1926.

SHEWHART, W. A.; DEMING, W. E. **Statistical method from the viewpoint of quality control**. [S.l.]: Courier Corporation, 1986.

SILA, I. Examining the effects of contextual factors on TQM and performance through the lens of organizational theories: An empirical study. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 1, p. 83–109, 2007.

SILVA, E. L. d.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. [S.l.]: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. v. 3.

SIMPAO, A. F. et al. Optimization of drug–drug interaction alert rules in a pediatric hospital’s electronic health record system using a visual analytics dashboard. **Journal of the American Medical Informatics Association**, Oxford University Press, v. 22, n. 2, p. 361–369, 2015.

SOUZA, F. F. d. et al. **Big data analytics como ferramenta de adaptação do total quality management na indústria 4.0, aplicado a uma empresa multinacional do ramo automobilístico**. 2020. Diss. (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SUN, Z.; STRANG, K.; YEARWOOD, J. Analytics service oriented architecture for enterprise information systems. In: **PROCEEDINGS of the 16th International Conference on information integration and web-based applications & services**. [S.l.: s.n.], 2014. P. 508–516.

SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, K. Big data analytics services for enhancing business intelligence. **Journal of Computer Information Systems**, Taylor & Francis, v. 58, n. 2, p. 162–169, 2018.

TOZONI-REIS, M. F. d. C. **Metodologia da pesquisa**. [S.l.: s.n.], 2009.

WANG, Q. et al. Enabling public auditability and data dynamics for storage security in cloud computing. **IEEE transactions on parallel and distributed systems**, IEEE, v. 22, n. 5, p. 847–859, 2010.

WANG, S. et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, Elsevier, v. 101, p. 158–168, 2016.

WOOD JR, T. Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. **Revista de administração de Empresas**, SciELO Brasil, v. 32, n. 4, p. 6–18, 1992.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **The RDF Data Cube Vocabulary**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/vocab-data-cube/>. Acesso em: 18 abr 2021.

ZHENG, J. Data visualization, 2014.

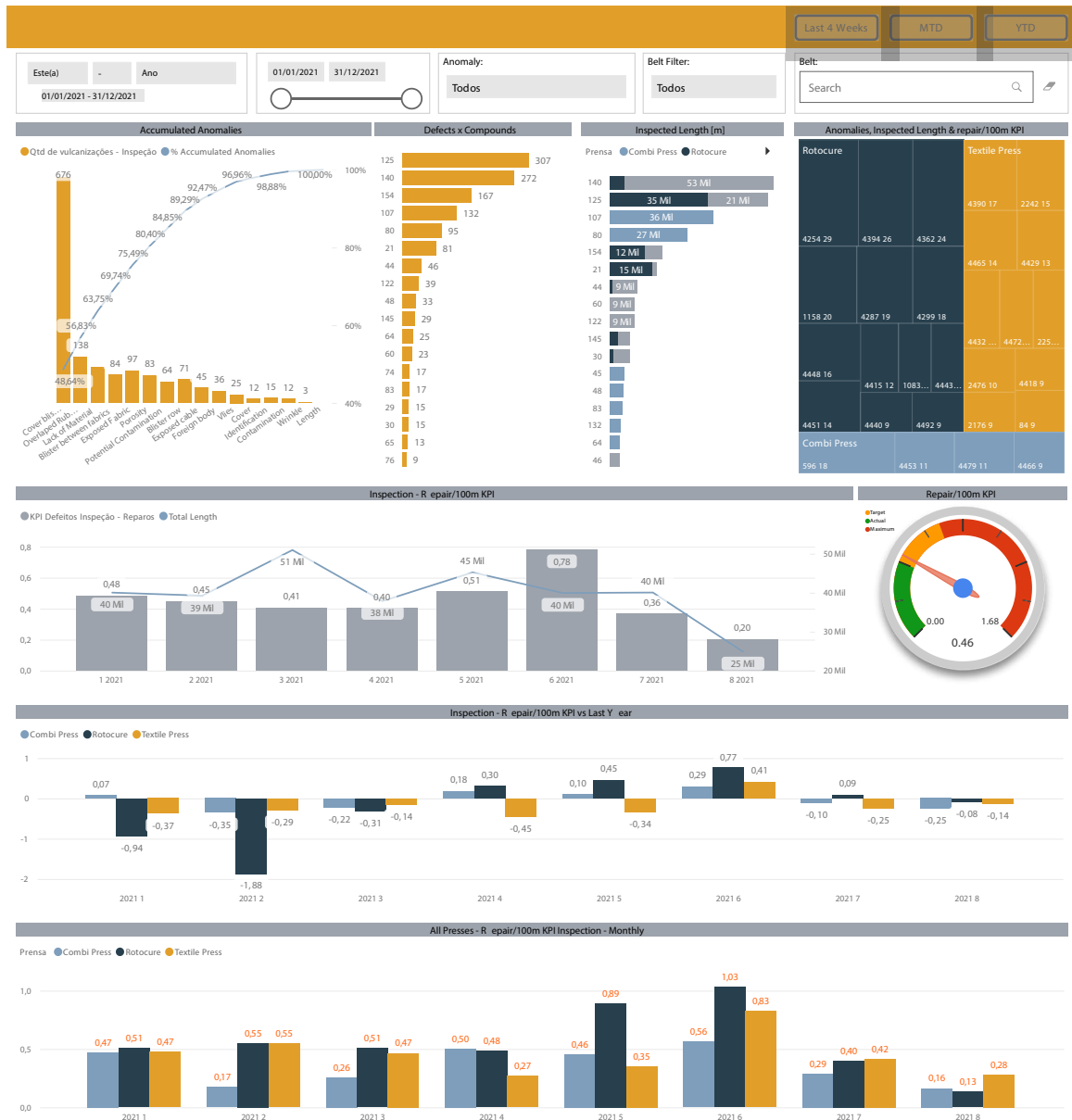
## **APÊNDICE A — FIGURAS DAS VISUALIZAÇÕES DOS RELATÓRIOS**

As figuras a seguir ilustram como os relatórios do Power BI são exportados em formato PDF. Essa interface contendo diversas visualizações permite um rápido entendimento do estado da ocorrência de defeitos, ao combinar, em um só relatório, diversas informações pertinentes ao mesmo problema. É possível observar os indicadores gerais e suas evoluções ao longo do tempo, os defeitos mais recorrentes, as correias que mais apresentaram defeitos e as que mais foram produzidas, e qual prensa foi utilizada na sua confecção, além dos filtros que podem ser aplicados, na interface online do programa.

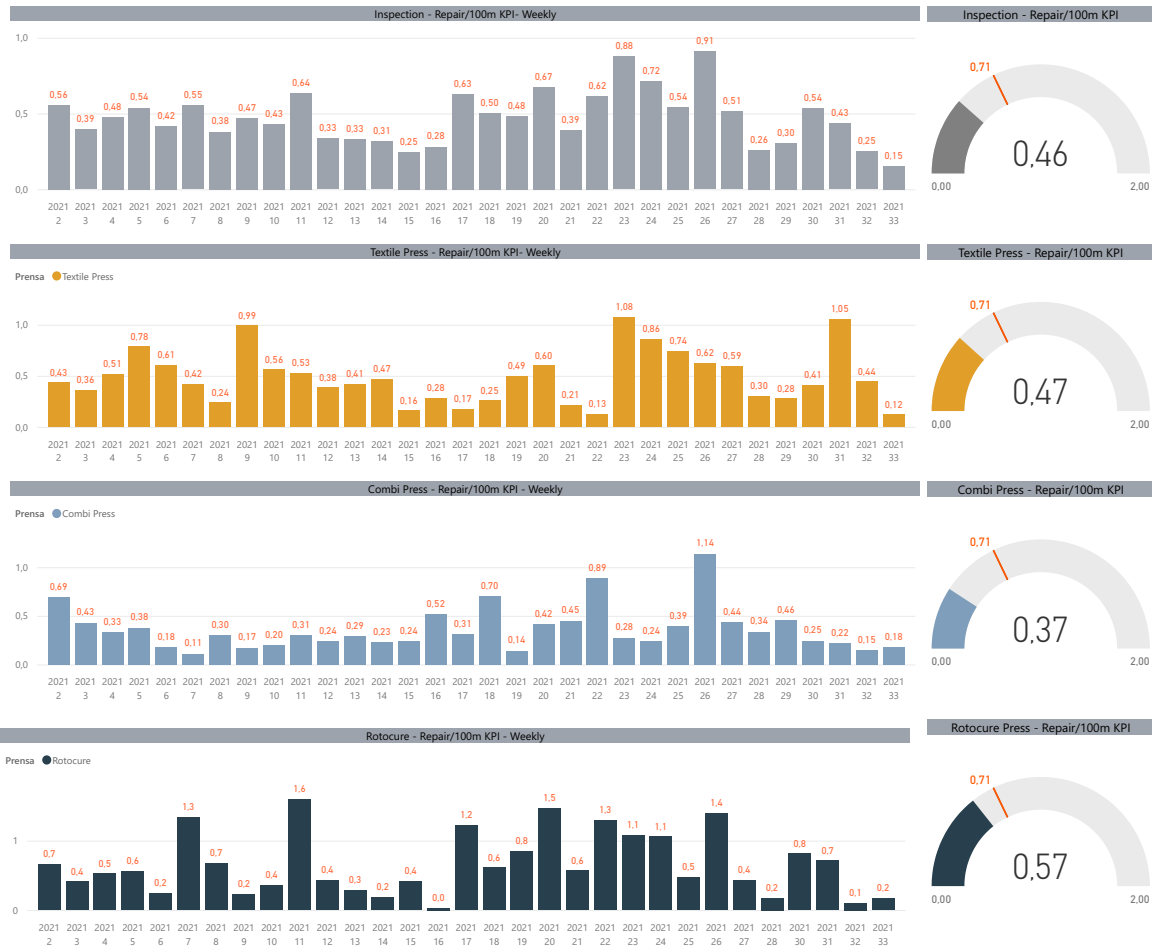
Apesar de possibilitar a impressão, a exportação desses arquivos neste modo não é recomendada, pois limita os relatórios à informações fixas, ou seja, não é possível a interatividade com os dados nem a utilização de filtros, explicados na Seção 4.3.

Os dados presentes nos relatórios foram modificados de modo a manter a confidencialidade empresarial.

Figura 5 – Relatório referente às análises gerais

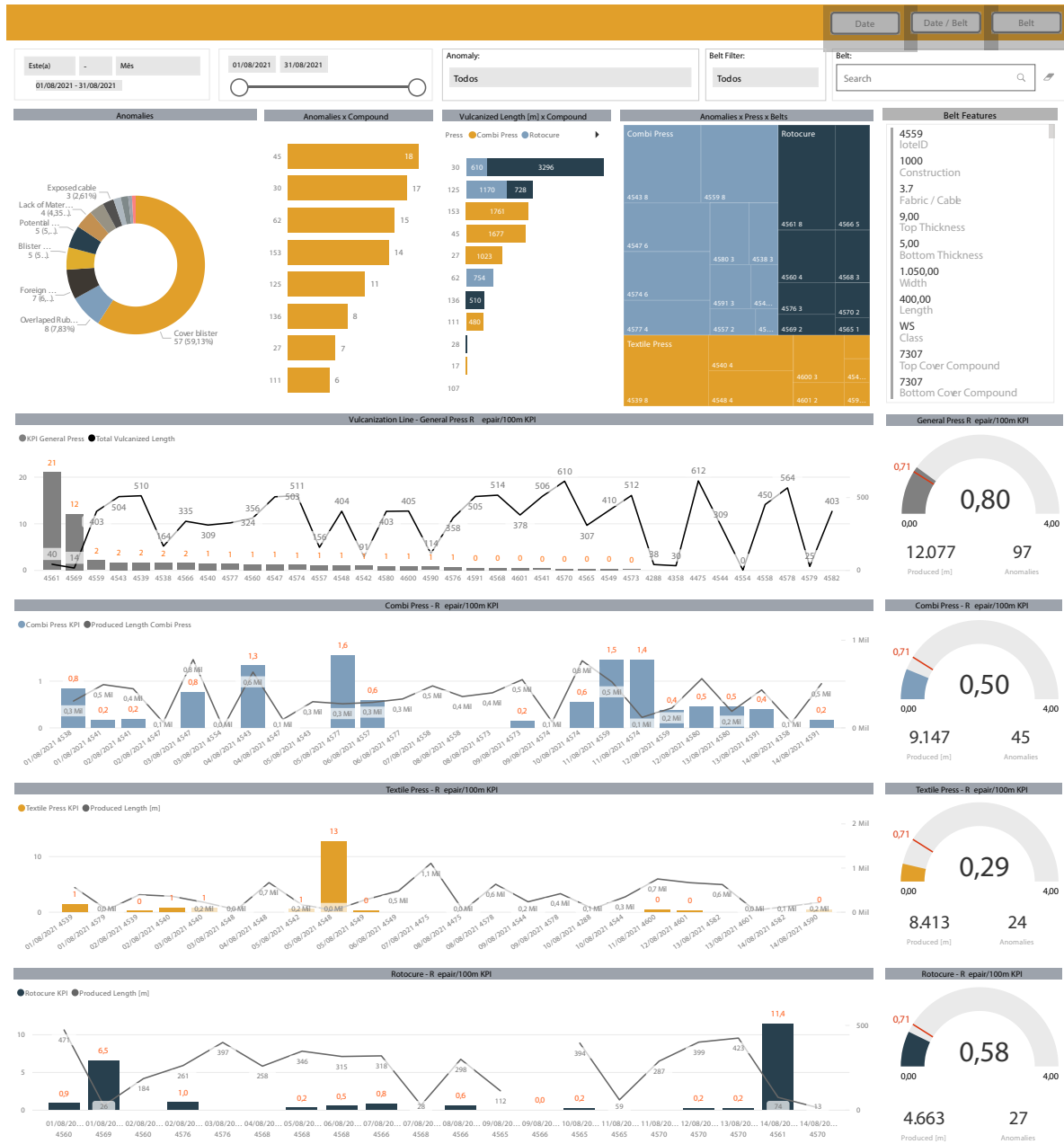


**Figura 6 – Continuação do relatório referente às análises gerais**



Fonte: elaborado pelos autores.

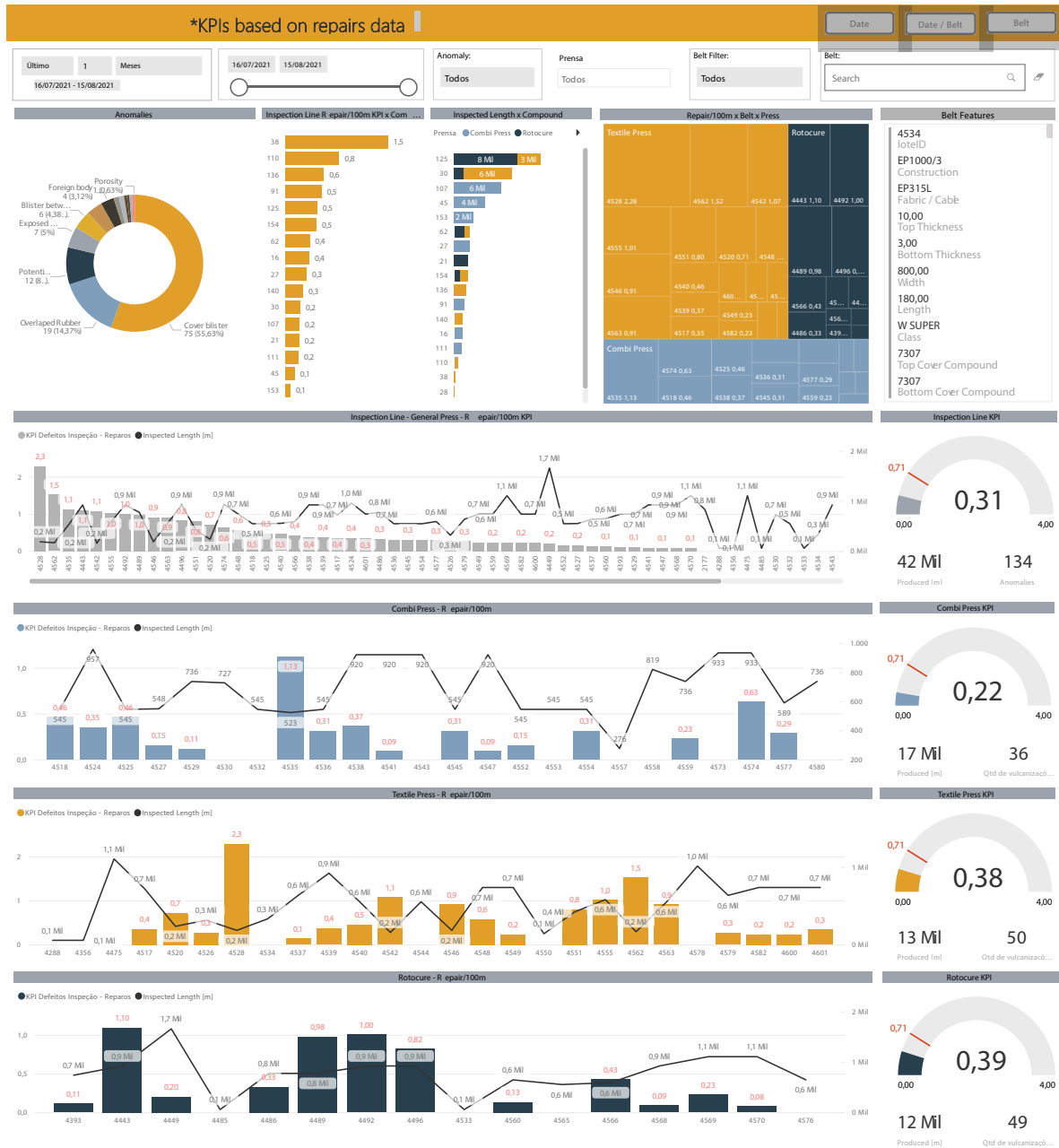
**Figura 7 – Relatório referente às análises da vulcanização**



Fonte: elaborado pelos autores.

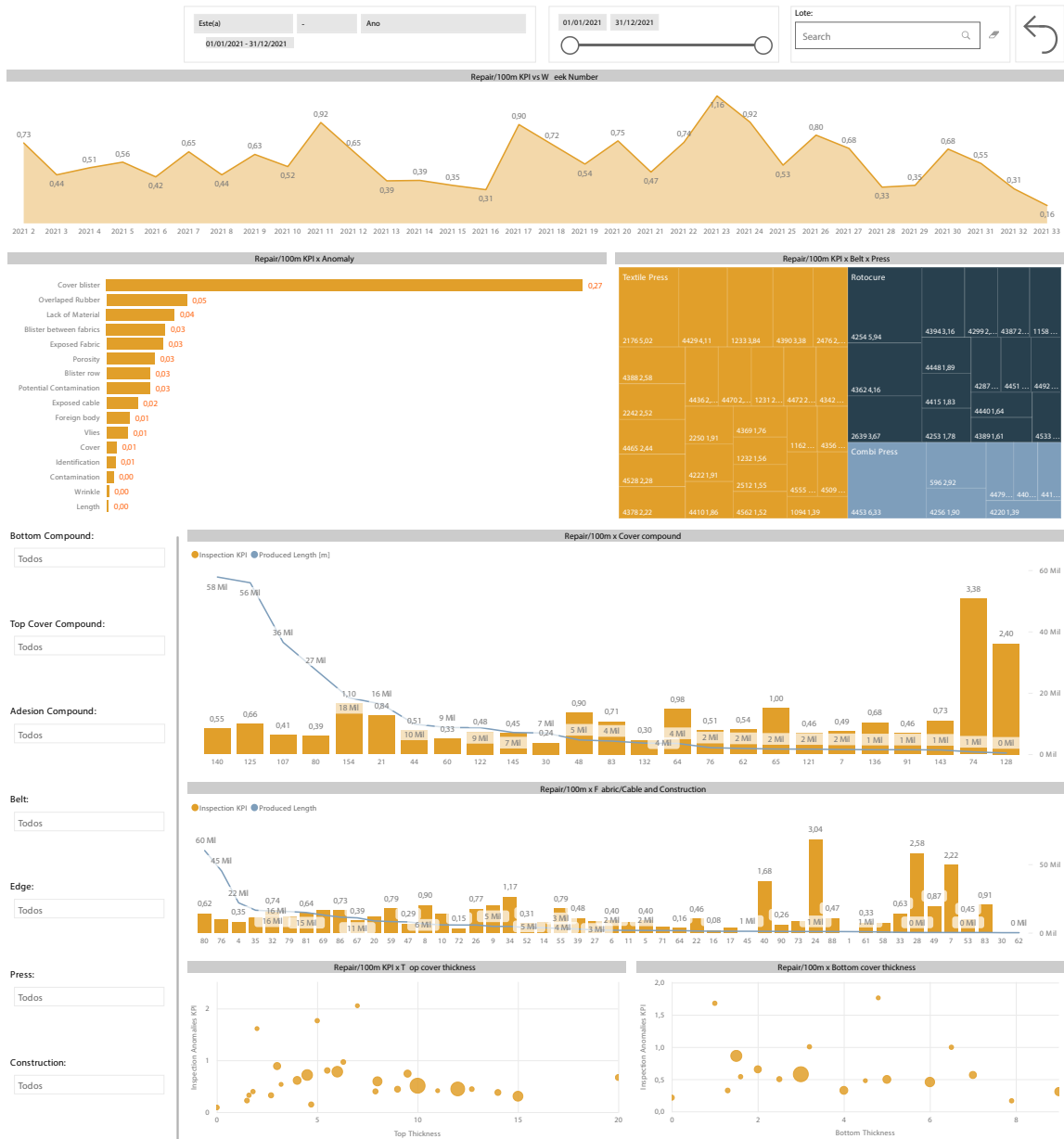


Figura 8 – Relatório referente às análises da inspeção

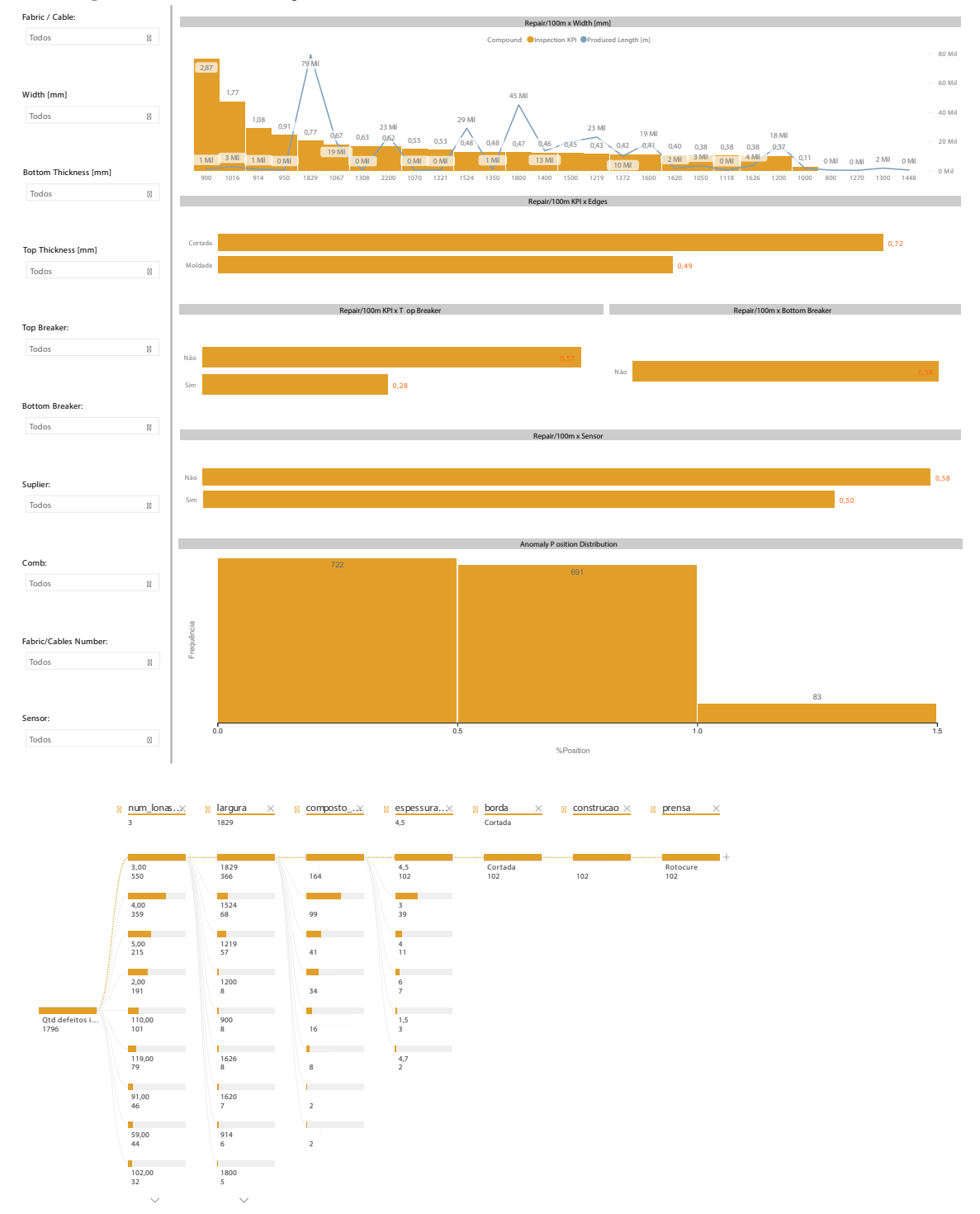


Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 9 – Relatório referente às análises de características das correias



**Figura 10 – Continuação do relatório referente às análises de características das correias**



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 11 – Demonstração da aplicação do filtro interativo

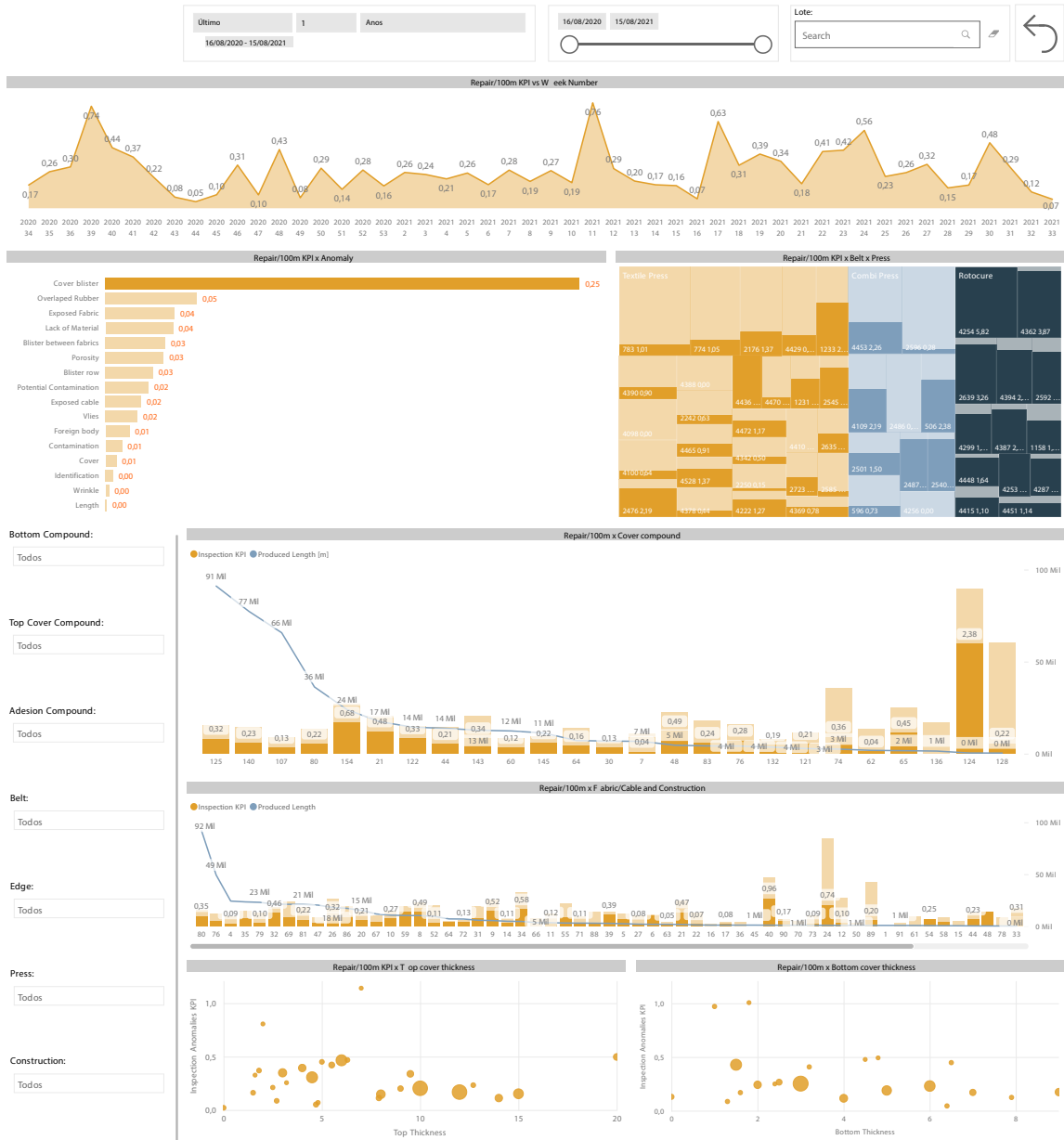
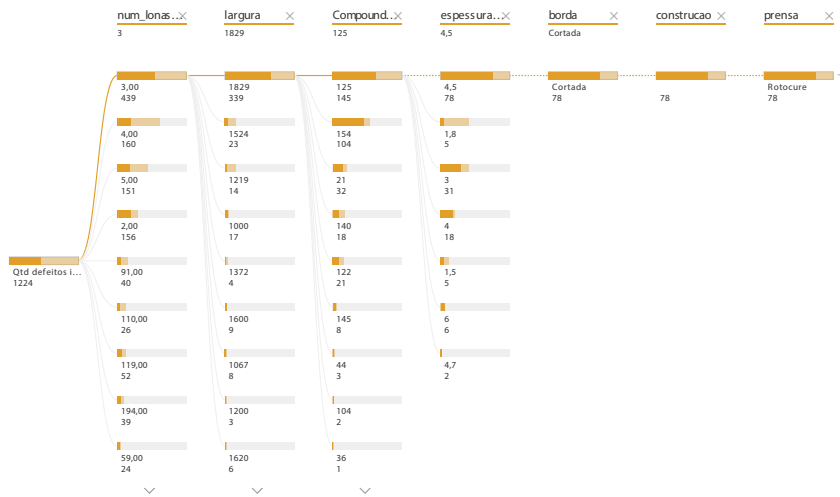
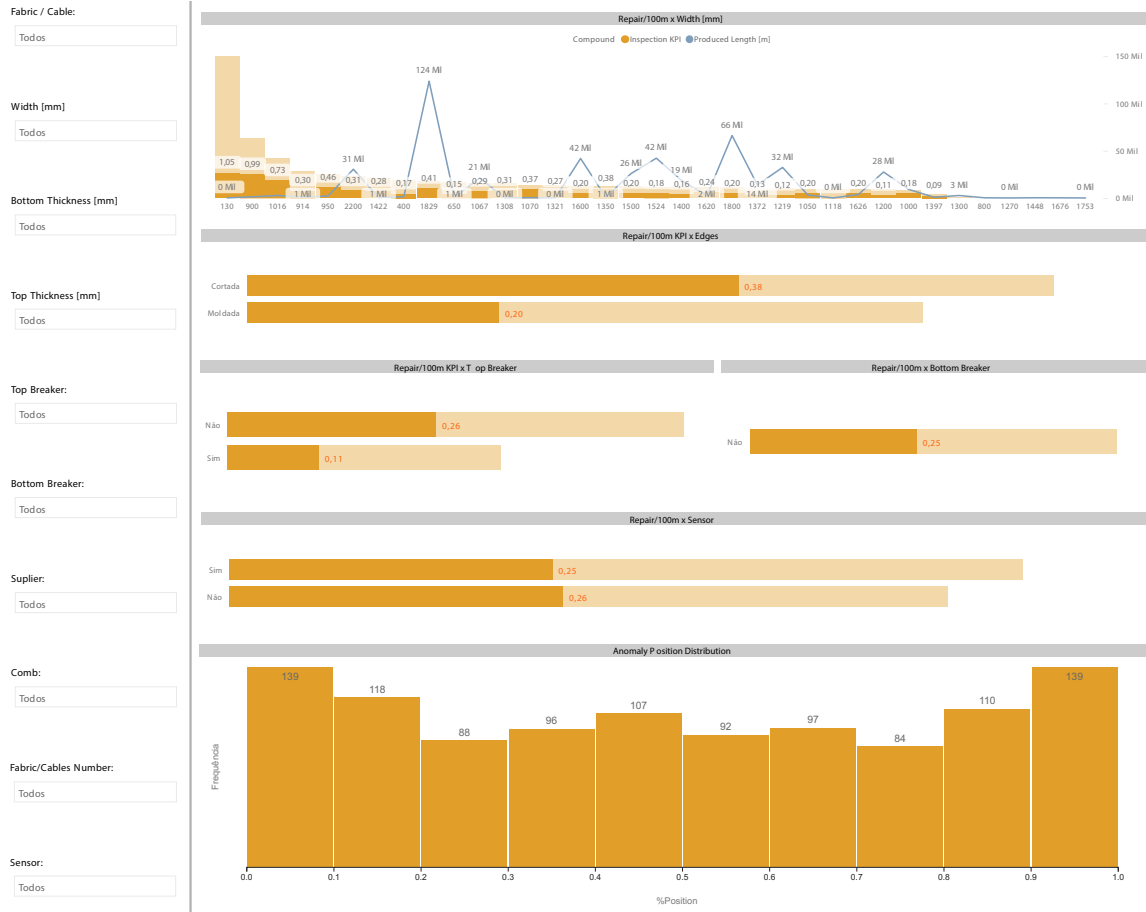


Figura 12 – Continuação da demonstração da aplicação do filtro interativo



Fonte: elaborado pelos autores.

**ÍNDICE REMISSIVO**

BI, 11–13, 23, 24, 26

DSS, 25

ED, 25

ERP, 39

ISO, 15, 25

KPI, 12, 13, 25, 39

LCD, 49

SARS-CoV-2, 26

SCG, 25

TQC, 17

TQM, 17–19, 21, 26

UTFPR, i