

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GUSTAVO SARKIS BRAGA

**Desenvolvimento de dashboard para detecção de anomalias em
processos de manufatura utilizando técnicas de análise e ciência
de dados**

MANAUS- AM

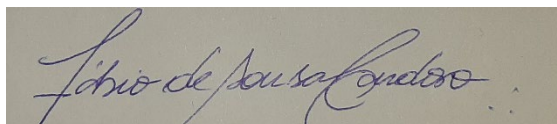
2024

GUSTAVO SARKIS BRAGA

Desenvolvimento de dashboard para detecção de anomalias em processos de manufatura utilizando técnicas de análise e ciência de dados

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientação: Dr. Fábio de Sousa Cardoso

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink, which reads "Fábio de Sousa Cardoso".

Manaus
2024

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitora:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Jucimar Maia Júnior

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Jozias Parente de Oliveira

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Fabio de Sousa Cardoso, Dr. (Orientador)

Prof. Israel Gondres Torné, Dr.

Prof. Daniel Guzmán del Río, Dr.

Data da defesa: 22/02/2024

CIP – Catalogação na Publicação

Braga, Gustavo Sarkis

Desenvolvimento de dashboard para detecção de anomalias em processos de manufatura utilizando técnicas de análise e ciência de dados / Gustavo Sarkis Braga; orientado por Fábio de Sousa Cardoso, Dr – Manaus: 2024. 67 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2024.

1. Análise de dados. 2. Excelência operacional. 3. Manufatura industrial. I. de Sousa Cardoso, Fábio.

GUSTAVO SARKIS BRAGA

DESENVOLVIMENTO DE DASHBOARD PARA DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM
PROCESSOS DE MANUFATURA UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE E
CIÊNCIA DE DADOS

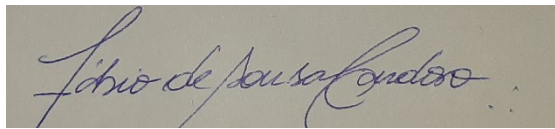
Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: 10,0 (dez)

Aprovada em 22/02/2024.

Área de concentração: Indústria

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Fábio de Sousa Cardoso, Dr.



Avaliador: Israel Gondres Torné, Dr.



Avaliador: Daniel Guzman del Río, Dr.

MANAUS
2024

DEDICATÓRIA

Em memória de meu avô, José Afonso Sarkis, que infelizmente não pôde estar aqui para compartilhar dessa alegria.

AGRADECIMENTOS

Aos meus avós, José Afonso Sarkis do Vale e Luz Stella Aguirre Sanchez, que contribuíram para a formação da pessoa que hoje me orgulho de ser, revelando o poder do estudo sem recorrer ao medo.

À Lorryne Nascimento, por estar ao meu lado nos melhores e piores momentos, sempre me apoiando e acreditando em mim, por vezes, mais do que eu mesmo.

A meu pai e minha mãe, que, apesar da distância, nunca estiveram distantes. A vocês, todo meu respeito e amor.

Aos meus grandes amigos de faculdade, Layza Luissa, Vilmar Bolzan e Vitor Valério, que contribuíram diretamente para todos os momentos positivos desses 5 anos, transformando-se de colegas de sala em amigos para a vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Fábio Cardoso, por todo incentivo, ensinamento e paciência, atuando como facilitador e sempre disponível para dúvidas e explicações.

A todos os demais colegas de classe que estiveram ao meu lado ao longo desses cinco anos, nos momentos de nervosismo, apreensão, dúvida e ansiedade. Tenho plena certeza de que, sem vocês, este momento não teria chegado.

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma interface que fornece informações em tempo real sobre o processo produtivo de uma fábrica do setor eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus, visando facilitar a tomada de decisões com base em dados. O objetivo é otimizar o tempo de resposta das equipes técnicas da fábrica diante de anomalias, como elevado tempo de ciclo de máquinas, baixa produtividade e altos índices de refugos. Inicialmente, definem-se os indicadores de interesse pelos gestores de produção e o tipo de software comercial que será responsável pela visualização em tempo real desses indicadores. Em seguida, foi desenvolvida uma aplicação encarregada de enviar informações do MES (Manufacturing Execution System) para o referido software. Por fim, busca-se demonstrar de forma tangível, por meio de resultados operacionais, os benefícios do uso de dados para análise de causas raízes e como isso pode impactar positivamente setores como manutenção, engenharia e qualidade dentro das fábricas. Propõem-se, assim, formas de expandir o projeto no que diz respeito ao desenvolvimento de software aplicado a aplicações específicas.

Palavras-chave: processo produtivo, software, MES, dados.

ABSTRACT

This paper describes the development of an interface that provides real-time information about the productive process of an electro electronic sector factory in the Industrial Pole of Manaus, aiming to facilitate data-driven decision-making. The goal is to optimize the response time of the factory's technical teams in the face of anomalies, such as high machine cycle time, low productivity, and high reject rates. Initially, the production managers define the indicators of interest and the type of commercial software that will be responsible for real-time visualization of these indicators. Subsequently, an application is developed to send information from the Manufacturing Execution System (MES) to the software. Finally, the objective is to demonstrate tangibly, through operational results, the benefits of using data for root cause analysis and how this can positively impact sectors such as maintenance, engineering, and quality within factories. Thus, proposals are made for ways to expand the project regarding the development of software applied to specific applications.

Keywords: productive process, software, MES, data.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bloco Genérico de Comunicações	21
Figura 2 - Modem CGA4233 Technicolor conector coaxial.....	24
Figura 3 - Modem TCG2232 Technicolor Brasil	25
Figura 4 - Componentes SMD	26
Figura 5 - Processo de ancoragem do componente SMD na PCI.....	27
Figura 6 - Fluxo do processo SMT.....	27
Figura 7 - Placa de Modem com conexão de fibra óptica	28
Figura 8 - Fluxo de Processo de Fabricação de Modem.....	28
Figura 9 - Modelo MESA	30
Figura 10 - Variação de FPY: Cenário 1.....	35
Figura 11 - Variação do FPY: Cenário 2.....	35
Figura 12 - Variação do FPY: Cenário 3.....	36
Figura 13 - Variação do FPY: Cenário 4.....	36
Figura 14 - 5V's do Big Data	38
Figura 15 - Gráfico de Setores Circulares ou "Pizza".....	39
Figura 16 - Exemplo de Histograma	40
Figura 17 - Exemplo Dashboard em Power BI	44
Figura 18 - Tela Inicial QMS.....	46
Figura 19 - Consulta de SN de uma placa.....	46
Figura 20 - Parâmetros Medidos salvos no MES	47
Figura 21 - Status de Teste.....	47
Figura 22 - Filtrando Equipamentos.....	47
Figura 23 - Tecnologias utilizadas - Power BI	50
Figura 24 - Tecnologias utilizadas: Linguagem Python e Google Colab	50
Figura 25 - Fluxo dos Dados	50
Figura 26 - Criação da tabela usando biblioteca pandas	53
Figura 27 - Fluxo de extração de dados com selenium.....	54
Figura 28 - Código para uso do Selenium exemplificado.....	55
Figura 29 - Concatenação dos dataframes	55
Figura 30 - Dataframe criado	56
Figura 31 - Exportando o arquivo para CSV.....	56
Figura 32 - Código em Linguagem M para Importação de dados.....	57
Figura 33 - Dados importados em forma tabular	57
Figura 34 - Relatório 01.01.2023.....	58
Figura 35 - Relatório dia 08.11.2023	60
Figura 36 - Tendência de FPY e Ciclo.....	61
Figura 38 - Tendência de FPY e Ciclo Final.....	62
Figura 37 - Tendência de FPY e Ciclo WLAN	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consulta de Teste durante determinado horário.....	48
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM - Amplitude Modulation

API – Interface de Programação de Aplicações

ATM - Asynchronous Transfer Mode

B2B - Business to Business

BI - Business Intelligence

c-MES - Collaborative Manufacturing Execution System

CSV - Comma Separate Values

CSS – Cascading Style Sheets

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

DOCSIS - Data Over Cable Service Interface Specification

ERP - Enterprise Resource Planning

FM - Frequency Modulation

FPY – First Pass Yield

GPON - Gigabit Passive Optical Network

HTML – Linguagem de Marcação de Hipertexto

IP - Internet Protocol

KPI - Key Performance Indicator

MES – Manufacturing Execution System

MESA - Manufacturing Enterprise Solutions Association

MTBF - Mean Time Between Failures

MTTR - Mean Time To Repair

NTP - Network Time Protocol

PCI - Placa de Circuito Impresso

PCP (Planejamento e Controle de Produção)

PM - Phase Modulation

PPP - Point-to-Point Protocol

RAM - Random Access Memory

RJ - Registered Jack

ROM - Read-Only Memory

RTOS - Real Time Operating System

SAD - Sistemas de Apoio à Decisão

SMD - Design de Montagem em Superfície

SMT – Surface Mount Technology

SN - Serial Number

USB - Universal Serial Bus

WIP - Work in Process

WPS - WiFi Protected Setup

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.2	Justificativa.....	18
1.3	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivo Geral.....	19
1.3.2	Objetivos Específicos	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Modem e Roteador.....	20
2.1.1	Modulação e Demodulação	21
2.1.2	Tipos de Modems.....	22
2.1.3	Processo de Fabricação de Modem no Polo Industrial de Manaus.....	25
2.2	<i>Manufacturing Execution System</i> (MES).....	29
2.2.1	Processos de Manufatura Contemplados por um Sistema MES (MESA Model)....	30
2.3	<i>First Pass Yield</i> (FPY).....	32
2.4	Introdução à Ciência de Dados	37
2.4.1	Visualização de Dados	38
2.4.2	Sistemas de Apoio à Decisão ou Business Intelligence aplicado ao Chão de Fábrica 41	
2.4.3	Dashboards.....	43
3.	METODOLOGIA	44
3.1	Análise Institucional.....	44
3.1.1	Empresa escolhida.....	44
3.1.2	Áreas Interessadas	45
3.2	Descrição do Processo Atual.....	45
3.2.1	Consulta de SN.....	46
3.2.2	Monitoramento por estação	47
3.3	Proposta de Solução.....	49
3.4	Mapeamento do Processo Proposto.....	50
3.5	Descrição dos Requisitos	51
4.	IMPLEMENTAÇÃO.....	52
4.1	Criação da Tabela	52
4.2.	Extração dos Dados.....	53
4.3	Exportação dos Dados.....	55

4.4	Importação dos Dados para o Power BI.....	56
4.5	Primeira página do Dashboard	57
4.6	Segunda página do Dashboard	60
5.	CONCLUSÃO.....	64
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

Atualmente testemunha-se o início da segunda revolução das máquinas, onde os computadores desempenharão um papel análogo ao que o motor a vapor fez em relação à força bruta (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2015). A evolução tecnológica persiste de maneira exponencial, proporcionando às empresas a oportunidade de reduzir custos e fortalecer sua competitividade.

Diante da globalização, do aumento da concorrência e da redução das margens de lucro, as empresas estão sendo compelidas a explorar alternativas para minimizar perdas (BASSO; LAURINDO, 2013). Conforme observado por Neves (2011), "o aprimoramento da qualidade e da produtividade tem motivado as empresas a investirem progressivamente na otimização da gestão da produção". Em resposta aos desafios desse cenário, a manufatura deve ser transformada em uma vantagem competitiva (BASSO; LAURINDO, 2013).

Em um contexto de intensa competição que caracteriza a atualidade, a eficiência e produtividade são imperativas para o sucesso das empresas do setor industrial. No âmbito dos desafios enfrentados pelas fábricas, destaca-se a necessidade constante de aprimoramento dos indicadores operacionais no chão de fábrica. No setor eletroeletrônico, especificamente nos processos de manufatura de moduladores-demoduladores de sinal, comercialmente conhecidos como modems, alguns indicadores ganham destaque na busca pela excelência operacional. Entre eles, pode-se mencionar o índice de primeira passagem conhecido como FPY (*first pass yield*), que representa, percentualmente, as falhas identificadas pelos equipamentos do processo produtivo durante um dado intervalo de tempo.

A relevância desse índice reside principalmente na gama de anomalias que ele pode identificar, tais como necessidade de manutenção corretiva e matérias-primas fora das especificações. Caso esse índice esteja abaixo da meta percentual estabelecida para um determinado equipamento, há o risco de o processo produtivo apresentar elevados índices de refugos e paradas de máquina ocasionando perda de produção e altos custos para retornar o processo à situação original.

A manufatura de produtos eletrônicos, de modo geral, é dividida em três fases principais. O primeiro processo, SMT (Surface Mount Technology) ou tecnologia de montagem superficial, envolve a colocação, soldagem e inspeção automatizadas da maioria dos componentes da placa eletrônica. Em seguida, há o processo de inserção manual, no qual operadores de produção inserem componentes de maior tamanho. Finalmente, o processo de montagem final engloba a união da placa às partes plásticas, teste das funcionalidades do produto final e embalagem. O foco deste projeto concentra-se na etapa de montagem final, mais precisamente nos testes funcionais, nos quais o produto é submetido a avaliações cruciais, como potência de sinal Wi-Fi, testes de software e funcionamento de teclas, dependendo do tipo de produto, operadora cliente e fabricante.

Produtos sujeitos a esses testes podem apresentar falhas, sejam elas falsas (resultantes de problemas nos equipamentos) ou verdadeiras (originadas por falhas no hardware do produto, seja devido a montagem incorreta ou matéria-prima fora das especificações). Essas falhas, quando em excesso, resultam em elevados índices de refugos, identificados como produtos defeituosos que necessitam de análise técnica para identificar a causa raiz e subsequente reparo e reprocessamento na linha de produção. Em ambos os casos, é imperativo identificar a causa raiz rapidamente para corrigir o processo, minimizando o tempo de máquina parada e a quantidade de refugos.

Ao longo dos anos, diversas melhorias foram implementadas nos sistemas de gerenciamento da produção, manutenção, qualidade e nas técnicas empregadas pelos setores responsáveis. Essas melhorias foram impulsionadas pela competitividade do mercado, seu crescimento e a ascensão da Indústria 4.0. Esta última abrange um conjunto abrangente de tecnologias avançadas, como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem, que estão transformando os métodos de produção e os modelos de negócios no Brasil e no mundo (Portal da Indústria, 2020).

No contexto do avanço tecnológico atual, observa-se uma crescente adoção da cultura *data-driven* por empresas de diversos setores. Essa abordagem, baseada na

utilização de dados históricos, desempenha um papel fundamental na tomada de decisões, seja para compreensão dos resultados ou para predição de eventos. Embora essa abordagem tenha se mostrado eficaz em setores como varejo e mercado financeiro, sua aplicação na indústria, especialmente no Polo Industrial de Manaus, ainda está em estágio inicial.

Uma das principais técnicas no universo da análise de dados é a visualização de dados, que consiste no uso de elementos visuais, como diagramas, gráficos e mapas, para representar dados complexos, de alto volume ou numéricos. Essas ferramentas aprimoram e automatizam a comunicação visual, possibilitando a extração de insights acionáveis a partir de dados brutos.

1.2 Justificativa

O FPY, ou índice de primeira passagem em tradução livre do inglês, é um indicador chave de performance do processo produtivo de produtos eletrônicos. A partir do cálculo de índice dentro de um intervalo de tempo é possível compará-lo com períodos anteriores e a partir do resultado dessa análise a tomada de decisão torna-se muito mais assertiva, possibilitando assim que os gestores responsáveis por manutenção, qualidade e produção possam agir de forma ágil reduzindo perdas dentro do processo.

É possível usar um exemplo prático afim de mostrar a importância da aplicação proposta. Dentro dos testes funcionais de moduladores-demoduladores de sinais existe por exemplo, independentemente da forma como o sinal é transmitido (via fibra óptica ou cabo coaxial), o teste de potência de sinal WIFI realizado nas frequências de 5GHz e 2.4GHz. Esse teste se dá pelo acionamento eletropneumático de agulhas condutoras que, por sua vez, fazem contato com as antenas localizadas na placa. Caso a potência do sinal de cada uma das 7 antenas esteja sendo medida dentro do limite determinado, a placa será automaticamente aprovada no teste. Caso a placa seja reprovada em alguma das 7 antenas, ela é automaticamente reprovada, ficando sujeita a um reteste que deverá ser realizado para eliminar a possibilidade de falsa falha. Se a falha persistir, o fluxo do processo indica que essa placa deverá ser avaliada por um técnico eletrônico que fornecerá um diagnóstico da falha, reparando-

a, se necessário, e devolvendo-a para a linha de produção, onde ela passará por novo teste. Como é de se esperar, o teste WIFI é extremamente sensível às condições que o cercam. O mesmo é feito dentro de uma caixa blindada para tentar ao máximo inibir que outros sinais WIFIs nas redondezas atrapalhem o teste. Além disso, existem fatores mecânicos envolvendo as agulhas que podem causar divergências nos testes, como o deslocamento vertical ou horizontal das mesmas, desgaste da ponta e afins. Como a placa é conectada à rede via cabo RJ45 (*registered jack*), as informações dos testes, seja com resultado aprovado ou reprovado, são enviadas para o *Manufacturing Execution System* (MES) da fábrica, que funciona como um banco de dados para extração de dados relacionados ao processo produtivo, geração de informações estratégicas e alimentação do modelo proposto. O MES é um software empregado para organizar, controlar e monitorar os processos de produção de fábricas.

Utilizando esse processo como exemplo, nota-se que é possível extrair os dados brutos diretamente do MES e, em tempo real, visualizá-los em uma interface amigável que irá ser utilizada para avaliar o FPY e sua variação ao longo do tempo, auxiliando na identificação dos problemas antes que os mesmos afetem o planejamento da produção. Entende-se que essa interface irá dissecar o processo do começo ao fim, de forma que não somente o teste WIFI seja compreendido, mas quaisquer outros testes funcionais.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um *dashboard* em tempo real, utilizando software comercial Power BI que, integrado ao MES de uma fábrica do setor eletroeletrônico do Distrito Industrial de Manaus, possa apresentar os indicadores chaves como FPY, tempo de parada de máquina e tempo ciclo de forma que seja possível identificar anomalias dentro do processo produtivo que possam impactar no plano de produção. Com isso, melhorando os resultados médios de produção, qualidade e manutenção e evidenciando os benefícios do uso de técnicas de análise de dados em ambiente industrial.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um dashboard em Power BI.
- Conectar o banco de dados ao MES da fábrica.
- Utilizar um programa em Python para coletar e preparar os dados.
- Comparar os dados apresentados para garantir governança.
- Evidenciar, por meio da análise de dados do dashboard, como a interface auxiliará os times técnicos a agir de forma preventiva.
- Reduzir no longo prazo índices de falhas devido a equipamento ou matéria-prima fora do especificado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os fundamentos e conceitos teóricos relacionados aos assuntos do projeto. Inicialmente será abordado a teoria por trás dos modems, seu funcionamento e como é o fluxo do processo de manufatura do mesmos, este tópico por sua vez é importante pois o pleno entendimento do processo é fundamental para que seja feita a análise e criação de uma *dashboard* que agrega valor à empresa. Em seguida será feita uma introdução teórica aos princípios de funcionamento de MES e sua importância para os modelos de produção contemporâneos. Na seção 2.3 será abordado o FPY, principal indicador de qualidade de processo dentro de fábricas do setor eletroeletrônico no que tange os testes funcionais. Por fim, será visto um panorama da evolução da ciência de dados, sua importância nos diversos setores da economia, além dos conceitos por trás da visualização de dados e criação de *dashboards*.

2.1 Modem e Roteador

Modems residenciais desempenham um papel fundamental na conectividade de banda larga em ambientes domésticos. A palavra "modem" é derivada das palavras "modulação" e "demodulação", e esses dispositivos são essenciais para traduzir sinais digitais entre dispositivos de rede e a infraestrutura física de comunicação, como cabos coaxiais ou linhas telefônicas.

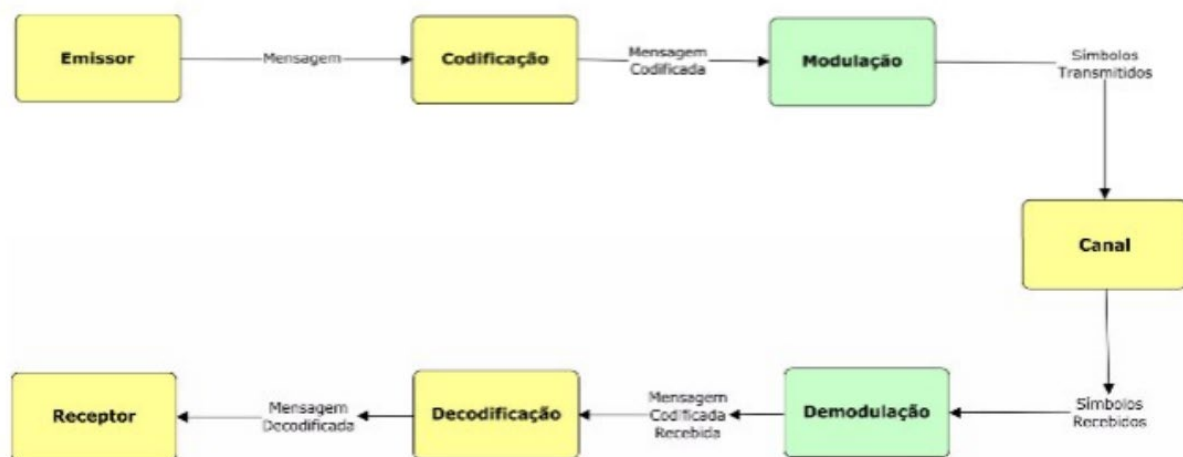
Ao longo do tempo, os modems residenciais passaram por significativas melhorias em termos de complexidade e capacidade. Inicialmente concebidos como dispositivos com uma única função de modulação/demodulação, esses modems

contavam apenas com um hardware e um software básicos destinados à autenticação da conexão com o provedor e à tradução de formatos de conexão, como ATM (Asynchronous Transfer Mode) ou PPP (Point-to-Point Protocol), para uma interface compreensível por computadores, geralmente através de portas Ethernet ou USB (Universal Serial Bus). Conforme evoluíram, os modems experimentaram um aumento significativo na capacidade de processamento, uma redução no consumo de energia e um aumento nas capacidades de memória RAM (Random Access Memory) e ROM (Read-Only Memory) (MCINTOSH; JAMES; TAN, 2013).

Atualmente, os modems de banda larga e roteadores foram integrados em um único dispositivo, apresentando novas funcionalidades e um conjunto expandido de recursos. Além das funções tradicionais, esses dispositivos incorporam um servidor web para facilitar a configuração, servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), switch, firewall, servidor NTP (Network Time Protocol), rádio WiFi operando nas frequências de 2,4GHz e 5GHz, entre muitas outras características. A execução dessas múltiplas funções é normalmente gerenciada por um pequeno RTOS (*Real Time Operating System*) ou um Kernel de Linux (MCINTOSH; JAMES; TAN, 2013).

2.1.1 Modulação e Demodulação

Figura 1 - Bloco Genérico de Comunicações



Fonte: IFSC (2010)

Modulação refere-se ao processo de alterar as características de uma onda portadora para transmitir informações. A onda portadora é uma onda de alta frequência que é modificada de acordo com os dados a serem transmitidos.

A principal finalidade da modulação é adaptar os sinais de dados, que geralmente são digitais, para uma forma adequada para transmissão através do meio de comunicação. Meios de transmissão, como cabos, fibras ópticas e o espectro de rádio, têm características específicas que demandam a utilização de diferentes técnicas de modulação.

Alguns exemplos de modulações são:

- Amplitude Modulation (AM): Varia a amplitude da onda portadora de acordo com os dados.
- Frequency Modulation (FM): Varia a frequência da onda portadora.
- Phase Modulation (PM): Varia a fase da onda portadora.

A nível de exemplo, no caso de uma transmissão de rádio FM, a voz (sinal de áudio) é modulada na frequência da onda portadora. Isso permite que a informação seja transmitida eficientemente pelo ar, alcançando longas distâncias com boa qualidade de áudio (BRANDÃO, 2014).

Já a demodulação é o processo inverso da modulação. Ela restaura os sinais modulados ao seu formato original, ou seja, converte a informação transmitida de volta para uma forma utilizável. O objetivo da demodulação é extrair os dados originais da onda modulada para que possam ser compreendidos e utilizados pelos dispositivos receptores.

Os tipos de demodulação correspondem aos tipos de modulação utilizados. Por exemplo, para a demodulação de AM, é necessário um processo específico que reverterá as alterações de amplitude feitas durante a modulação (BRANDÃO, 2014).

Num contexto de recepção de transmissão de TV a cabo, um modem residencial (modulador-demodulador) realiza a demodulação dos sinais recebidos, transformando-os de volta em dados digitais que podem ser entendidos pelo computador ou outro dispositivo conectado.

2.1.2 Tipos de Modems

No contexto das telecomunicações nas residências brasileiras pode-se citar dois tipos de modems como sendo os mais populares, os modems a cabo coaxial e os modems a fibra óptica.

Modems a Cabo: Essa tecnologia utiliza a infraestrutura de televisão a cabo, compartilhando o mesmo cabo coaxial que transmite sinais de TV para fornecer conectividade à Internet.

Um dos principais padrões de conectividade para modems a cabo é o DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). O DOCSIS é um conjunto de padrões desenvolvido para garantir a interoperabilidade entre modems a cabo e infraestrutura de rede. Este padrão permite a transmissão eficiente de dados bidirecional sobre o cabo coaxial.

O DOCSIS evoluiu ao longo do tempo, com diferentes versões introduzindo melhorias na velocidade de transferência de dados e no suporte a serviços avançados. Versões mais recentes, como DOCSIS 3.1 e DOCSIS 4.0, oferecem velocidades mais altas e maior eficiência espectral.

Uma característica notável do DOCSIS é sua capacidade de proporcionar velocidades assimétricas ou simétricas, dependendo das necessidades do usuário. Isso significa que, em alguns casos, a velocidade de download pode ser significativamente mais rápida do que a velocidade de upload, refletindo o padrão típico de consumo de dados dos usuários domésticos.

Além disso, os modems a cabo frequentemente incluem recursos adicionais, como a capacidade de suportar serviços de voz sobre IP (*Internet Protocol*) e a integração de roteadores Wi-Fi. Essas características proporcionam uma solução abrangente para as necessidades de conectividade em ambientes domésticos, permitindo que os usuários desfrutem de uma ampla gama de serviços em uma única unidade.

Embora a tecnologia DOCSIS tenha proporcionado avanços notáveis na capacidade e eficiência dos modems a cabo, é importante observar que a qualidade da conexão pode ser influenciada pela demanda na rede local, já que a largura de banda é compartilhada entre os usuários em uma determinada área. No entanto, com contínuas melhorias nos padrões e avanços tecnológicos, os modems a cabo continuam sendo uma escolha popular para muitos consumidores no Brasil.

Figura 2 - Modem CGA4233 Technicolor conector coaxial



Fonte: Claro Brasil (2020)

Modems a Fibra Óptica: representam uma evolução significativa na entrega de serviços de internet de alta velocidade, oferecendo. A fibra óptica utiliza filamentos finos de vidro ou plástico para transmitir dados na forma de pulsos de luz, proporcionando vantagens notáveis em termos de velocidade, confiabilidade e largura de banda.

Dentre os padrões de conectividade para modems de fibra óptica, destaca-se o GPON (Gigabit Passive Optical Network). O GPON é um protocolo de comunicação óptica que permite a transmissão bidirecional de dados de alta velocidade entre o provedor de serviços e o usuário final. Essa tecnologia oferece larguras de banda significativamente maiores em comparação com outras opções.

O GPON opera utilizando uma arquitetura de rede ponto a multiponto, onde uma única fibra óptica é compartilhada por vários usuários. Isso é possível através do uso de divisores ópticos passivos, que permitem a distribuição eficiente dos sinais de dados sem a necessidade de eletrônica ativa em cada ponto da rede.

Uma característica marcante do GPON é sua capacidade de oferecer altas velocidades simétricas, o que significa que as taxas de upload e download são equivalentes. Isso é especialmente benéfico para aplicações que demandam uma

quantidade significativa de upload, como videoconferências e transferência de grandes arquivos.

Além da alta largura de banda e velocidades simétricas, os modems de fibra óptica proporcionam menor latência em comparação com tecnologias mais tradicionais, resultando em uma navegação mais fluida e responsiva. Além disso, a fibra óptica é menos suscetível a interferências eletromagnéticas, garantindo uma conexão mais estável.

No cenário atual, a fibra óptica está se tornando cada vez mais comum em áreas urbanas, com diversos provedores de serviços expandindo suas redes para oferecer conectividade de última geração aos consumidores. O investimento contínuo em tecnologias como o GPON reflete o compromisso em fornecer acesso à internet de alta qualidade e preparar as redes para as demandas crescentes dos usuários no futuro.

Figura 3 - Modem TCG2232 Technicolor Brasil



Fonte: Claro Brasil (2022)

2.1.3 Processo de Fabricação de Modem no Polo Industrial de Manaus

O processo de manufatura de Modems se assemelha muito ao de outros produtos eletrônicos como celulares, televisões e caixas de som, passando pela

montagem da placa eletrônica, testes, montagem final (enclausuramento), testes funcionais e embalagem.

Começando pela linha de produção SMT (Tecnologia de Montagem em Superfície), essa fase do processo produtivo é notável pelo emprego da tecnologia de inserção automatizada de componentes SMD (Design de Montagem em Superfície) nas placas de circuito impresso (PCI ou PCB - Placa de Circuito Impresso). Este ambiente é semelhante àquele investigado por Simões et al. (2015). A PCI é uma placa não condutora que apresenta trilhas compostas por lâminas finas de material condutor (Rabak; Sichman, 2001), distribuídas tanto na superfície quanto em camadas internas, com o propósito de facilitar a montagem de diversos componentes eletrônicos e possibilitar o contato elétrico entre eles, conforme as especificações do projeto.

Conforme destacado por Suarez et al. (1996), os componentes SMD não necessitam de perfuração na PCI para fixação, permitindo sua montagem diretamente na superfície da placa. Essa característica de miniaturização viabiliza a produção de dispositivos cada vez menores, com uma alta densidade de componentes. A Figura 4 fornece exemplos ilustrativos de componentes SMD.

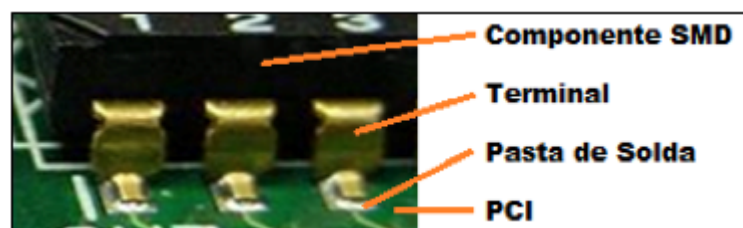
Figura 4 - Componentes SMD



Fonte: Market Hero (2012)

Assim, SMT representa a tecnologia de montagem de componentes eletrônicos (no caso, SMD) na superfície de uma PCI (Figura 5). O desenvolvimento desta tecnologia, a partir da década de 1960, facilitou o aumento do nível de automação dos processos de manufatura na indústria eletrônica. Na década de 1980, a tecnologia tornou-se amplamente utilizada no mundo com intensa aplicação no setor de telecomunicações e de computadores, por exemplo, consolidando os objetivos originais de diminuição de custo, tamanho, volume e aumento da confiabilidade dos produtos eletrônicos (Prasad, 1997; Simões et al., 2015).

Figura 5 - Processo de ancoragem do componente SMD na PCI



Fonte: Revista Espacios (2016)

De forma geral, após a PCI ser inserida no sistema produtivo é executado a deposição de pasta de solda na mesma. A pasta de solda após término da etapa de soldagem tem a finalidade de fixar mecanicamente o componente na PCI e permitir o contato elétrico entre ambos. Na sequência, são montados os componentes SMD na PCI. Esta etapa é executada por máquinas conhecidas como inseroras automáticas ou pick-and-place. Com os componentes montados e a pasta de solda aplicada na PCI, o próximo estágio é a passagem pelo forno de refusão. Neste momento a ancoragem do componente SMD na PCI é concluída. A última etapa do processo é o recolhimento do produto montado. Com isso é possível montar o fluxo de processo abaixo que, de forma geral, descreve as etapas do processo SMT para produtos eletrônicos como é o caso dos modems.

Figura 6 - Fluxo do processo SMT

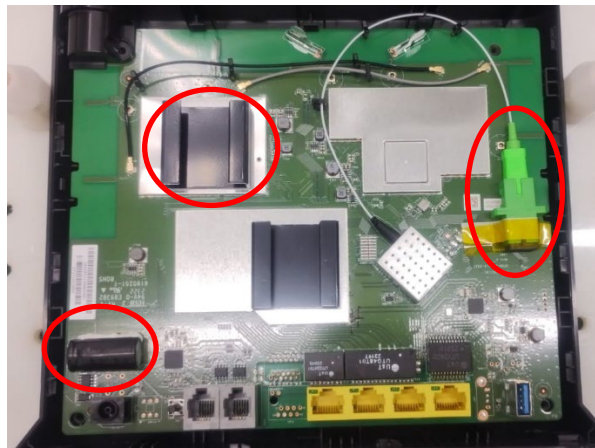


Fonte: Revista Espacios (2016)

Após o processo de SMT existem outras duas etapas voltadas exclusivamente para a PCI, essas são a inserção manual e os testes a nível de placa.

Na inserção manual, como o nome sugere, os componentes de maior tamanho são inseridos manualmente na PCI. Com o passar dos anos essa etapa do processo ficou cada vez menor devido a redução da quantidade de componentes que não são automaticamente inseridos na placa. Na figura 7 é possível visualizar uma placa de Modem e alguns de seus componentes.

Figura 7 - Placa de Modem com conexão de fibra óptica.



Fonte: Autor.

Finalizando o processo a nível de placa, a mesma é testada, a fim de que se tenha certeza que o funcionamento está de acordo com o especificado no projeto da placa.

Em seguida a placa é montada nas partes plásticas. Por fim o produto final é testado em outras funcionalidades não testadas a nível de placa, caso o produto esteja dentro do especificado o mesmo segue para o processo de embalagem. A figura 8 exemplica melhor este processo.

Figura 8 - Fluxo de Processo de Fabricação de Modem.



Fonte: Autor.

Na figura 8, foram marcadas de vermelho as etapas do processo de fabricação onde o projeto apresentado irá atuar, as etapas de teste.

No caso dos modems pode-se utilizar como exemplo o produto com conexão de fibra óptica apresentado na figura 3, e assim visualizar os testes essenciais para garantir a qualidade do produto: final

1. *WLAN Test* – Esse teste acontece com a placa enclausurada e montada nas partes plásticas. Aqui testa-se as funcionalidades WIFI via ethernet.
2. *Final Test* – Nessa etapa do teste, algumas funcionalidades são testadas como as teclas WPS e Power, tecla Reset (responsável por resetar o produto para as condições de fábrica quando instalada no consumidor final). A transmissão e recepção da fibra (TX e RX) são finalmente testadas nessa etapa. Por fim é feito o download do software do cliente, esse software irá variar de acordo com a operadora cliente daquele produto em questão. Após o download o produto é bloqueado já se configurando em modo cliente.
3. *Default Test* – Nessa etapa o produto é reiniciado pela primeira vez após o download, dessa forma é possível ver se o processo fora feito corretamente. Por fim o teste automaticamente acessa, com suas credenciais únicas, o software do cliente, finalizando assim as etapas de teste do produto.

Como é de esperar, a nomenclatura desses testes irá variar de projeto para projeto, fábrica para fábrica e até mesmo variar de acordo com os clientes envolvidos. Entretanto o padrão acima mencionado exemplifica de forma geral o fluxo do processo de teste de modems em linha final.

2.2 Manufacturing Execution System (MES)

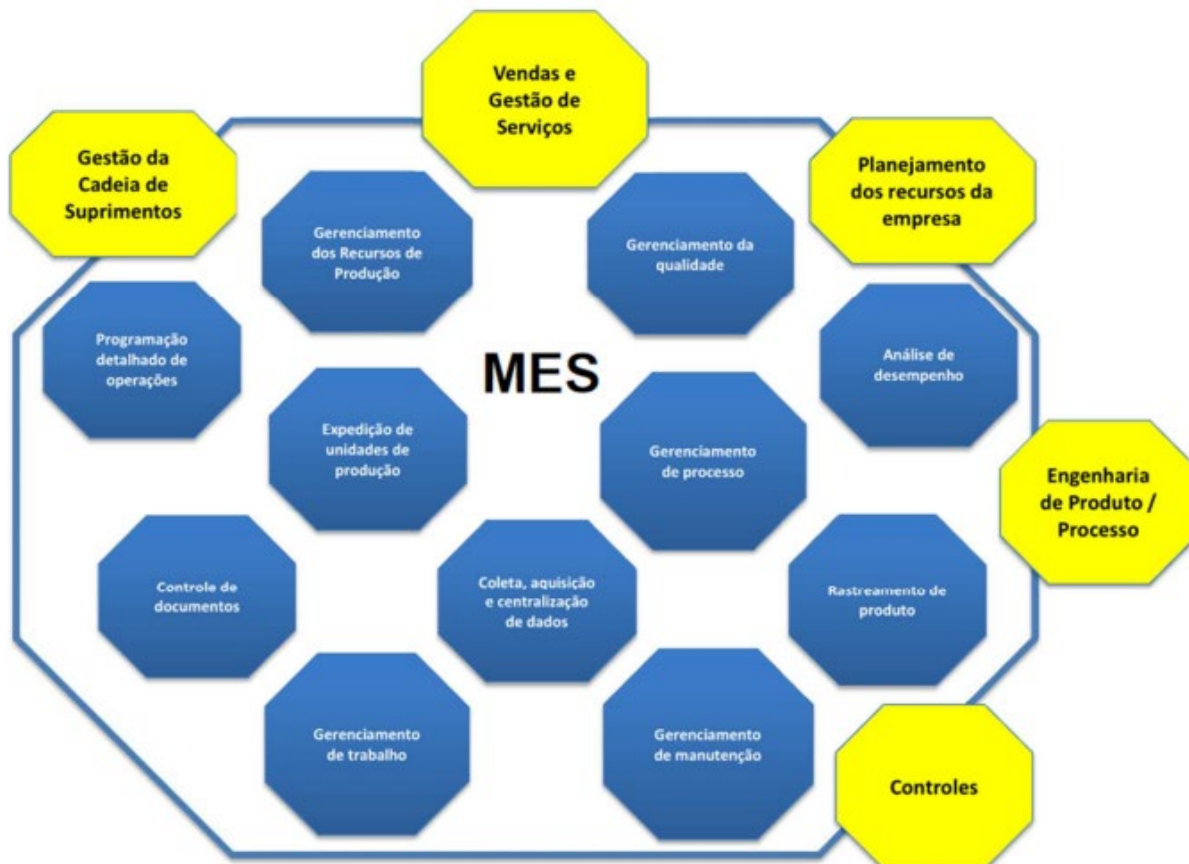
O conceito inaugural de MES (Manufacturing Execution System) foi concebido em 1990 pela AMR Research, sendo caracterizado como "uma classe de sistemas de informação situada entre os sistemas de automação no chão de fábrica e os sistemas corporativos da empresa (ERP)" (MAXMES, 2009). Em 1997, a MESA International (Manufacturing Enterprise Solutions Association) elaborou sua definição de MES, baseando-se no conceito da AMR, descrevendo-o como o sistema encarregado de gerenciar as informações das atividades de produção para otimizar as operações

desde o início até o término da produção, abrangendo a ordem de produção inicial até o produto finalizado (MESA, 1997). Posteriormente, em 2004, a MESA ampliou o conceito de MES, dando origem ao c-MES (Collaborative MES), no qual entidades internas e externas de uma corporação colaboram para alcançar benefícios mútuos.

2.2.1 Processos de Manufatura Contemplados por um Sistema MES (MESA Model)

Com a intenção de estruturar e uniformizar o progresso dos sistemas, a MESA *International*, uma organização sem fins lucrativos composta por empresas fornecedoras de sistemas MES, estabeleceu um modelo funcional de MES que abrange 11 funcionalidades: Gerenciamento dos recursos de produção, Programação detalhada, Distribuição de unidades de produção, Controle de documentos, Coleta e aquisição e centralização de dados, Gerenciamento de trabalho, Gerenciamento da qualidade, Gerenciamento do processo, Gerenciamento da manutenção, Rastreamento do produto, Genealogia de Produtos (tracking) e Análise de desempenho, conforme apresenta-se na Figura 9

Figura 9 - Modelo MESA



Fonte: SILVA; POHLMANN, 2014

O Gerenciamento de Recursos de Produção oferece detalhes sobre maquinários, ferramentas, paradas programadas, setup e WIP (work in process) ao sistema de PCP (Planejamento e Controle de Produção) (SILVA; POHLMANN, 2014).

A programação detalhada de operações fornece, em tempo real, informações sobre as atividades de manufatura, permitindo que outras camadas do sistema executem suas tarefas, como a realimentação do plano de produção com uma nova sequência de operações (SILVA; POHLMANN, 2014).

A funcionalidade de Expedição de Unidades de Produção monitora e controla o fluxo de atividades na manufatura, disponibilizando informações em tempo real sobre o status das ordens de produção para os demais módulos (SILVA; POHLMANN, 2014).

O Controle de Documentos gerencia documentos relacionados às etapas de manufatura, como instruções de montagem, desenhos e alterações de engenharia, garantindo o acesso oportuno e adequado a esses documentos (NEVES, 2011).

A Coleta, Aquisição e Centralização de Dados compreendem os meios de aquisição de dados pelo sistema, utilizando leitores de códigos de barras, câmeras e sensores. Os dados podem ser adquiridos manualmente, como em inspeções visuais, ou automaticamente de equipamentos na manufatura. Os dados coletados integram o sistema, alimentando indicadores, relatórios e monitores de gestão à vista (SILVA; POHLMANN, 2014).

O Gerenciamento de Trabalho administra o pessoal envolvido na manufatura, controla permissões e responsabilidades em cada etapa, além de registrar as horas previstas e trabalhadas (SILVA; POHLMANN, 2014).

O Gerenciamento da Qualidade possibilita o monitoramento em tempo real dos dados de qualidade, podendo interromper o processo produtivo se a qualidade estiver abaixo do esperado, oferecendo indicadores em tempo real e sugestões para melhorias em linhas automatizadas (SILVA; POHLMANN, 2014).

O Gerenciamento de Processo monitora continuamente as ordens de produção, gerenciando o consumo de matéria-prima e insumos, incluindo alertas de qualidade e desvios de processo, facilitando a tomada de decisão em tempo real (NEVES, 2011).

O Gerenciamento de Manutenção gerencia paradas de produção causadas por manutenção, programadas ou não, fornecendo dados para análises de desempenho, disponibilidade, MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*) (SILVA; POHLMANN, 2014).

O Rastreamento de Produto (*tracking*) garante a rastreabilidade de todas as etapas do processo de manufatura, mantendo apontamentos de produção, logs de sistemas e subsistemas disponíveis para compor o histórico do produto ou processo, permitindo o rastreamento online em tempo real.

A Análise de Desempenho, um dos resultados esperados na implantação de um sistema MES, apresenta indicadores para análises e comparações entre processos e produtos em diferentes níveis hierárquicos, fornecendo informações consolidadas à gerência e detalhes aos técnicos, especialistas e encarregados do chão de fábrica (SILVA; POHLMANN, 2014).

Todos os 11 elementos ou funcionalidades mencionados pela MESA, que se integram na formação de um sistema MES, podem se entrelaçar durante a análise, tornando desafiador distinguir a presença de cada funcionalidade em determinado elemento. O essencial é que o sistema MES atenda à maioria das etapas conforme a necessidade da empresa e os processos que motivam sua utilização (SILVA; POHLMANN, 2014).

2.3 First Pass Yield (FPY)

O FPY (*First Pass Yield*), índice de primeira passagem em tradução livre, é um indicador que mede o desempenho do processo produtivo de forma geral, a partir dele é possível identificar equipamentos ou máquinas performando abaixo do esperado, matéria prima fora das especificações ou defeituosa, defeitos no processo e afins. Em suma, esse indicador consegue de forma quantitativa mostrar que alguma anomalia está presente no processo.

O conceito de FPY está intimamente ligado ao status que os equipamentos e máquinas fornecem a respeito de uma peça ou produto, de forma exemplificada, se 10 placas são testadas em um teste e as 10 são aprovadas em sua primeira tentativa pode-se dizer que o índice FPY é de 100%. Da mesma forma, se das 10 placas testadas, 2 reprovarem na primeira passagem, pode-se dizer que o FPY é de 80%. Ressalta-se que a causa raiz das 2 falhas supracitadas não são identificáveis pelo FPY, necessitando de uma análise. Essas falhas podem ser diagnosticadas com falsas, nesse caso a falha é do equipamento que avaliou erroneamente a peça. Por outro lado a falha pode ser diagnosticada como verdadeira, nesse caso subentende-se que o problema está no *hardware* da placa, podendo ser um componente danificado, trocado, invertido, batido e afins.

Para efeito de cálculos pode-se definir o FPY de um equipamento ou máquina como sendo:

$$FPY[\%] = \frac{TA}{TP} \quad (1)$$

Onde:

TA = total de produtos aprovados na sua primeira tentativa, ou seja, caso um produto ou peça seja reprovado na primeira tentativa e aprovado numa segunda tentativa o mesmo não é incluído como TA.

TP = total de produtos produzidos naquele equipamento dentro do intervalo de tempo estipulado.

Um FPY alto indica que o processo está extremamente padronizado, ocorrendo poucas variações em seus equipamentos e/ou matéria prima, de forma que a necessidade de retrabalhos, análises técnicas, reprocessamento não são tão recorrentes, otimizando assim esses custos adicionais reduzindo o impacto na operação de forma geral.

De forma análoga, um FPY baixo indica que significa um número elevado de produtos fora de especificação/com defeito ou equipamentos ineficazes o que por sua vez, cria uma necessidade de retrabalho (um desperdício), o que gera custos acrescidos à empresa. Um valor de FPY flutuante, significa que a empresa não possui processos consistentes, podendo não conseguir produzir em tempo útil, os pedidos

feitos pelos clientes, com a qualidade exigida pelos mesmos. Assim há a necessidade de fazer uma análise ao processo, de forma a perceber onde está o problema, para existir esta flutuação (dos Santos, 2021)

É comum que empresas estipulem uma meta percentual para o FPY de determinados equipamentos ou linhas de produção. Essa meta dificilmente é 100%, pois vão existir sempre variações dentro dos processos produtivos independentemente da maturidade do mesmo, geralmente a meta é definida como sendo o padrão visto historicamente naquele processo. Portanto, se um equipamento de teste testa 200 moldems em um turno de 8 horas e dentro desse intervalo de tempo é considerado pela empresa, devido análise histórica, que 13 produtos falhando na primeira passagem é um índice dentro do esperado e já considerado em um possível estudo de capacidade da linha de produção, pode se dizer que a meta de FPY por turno seria:

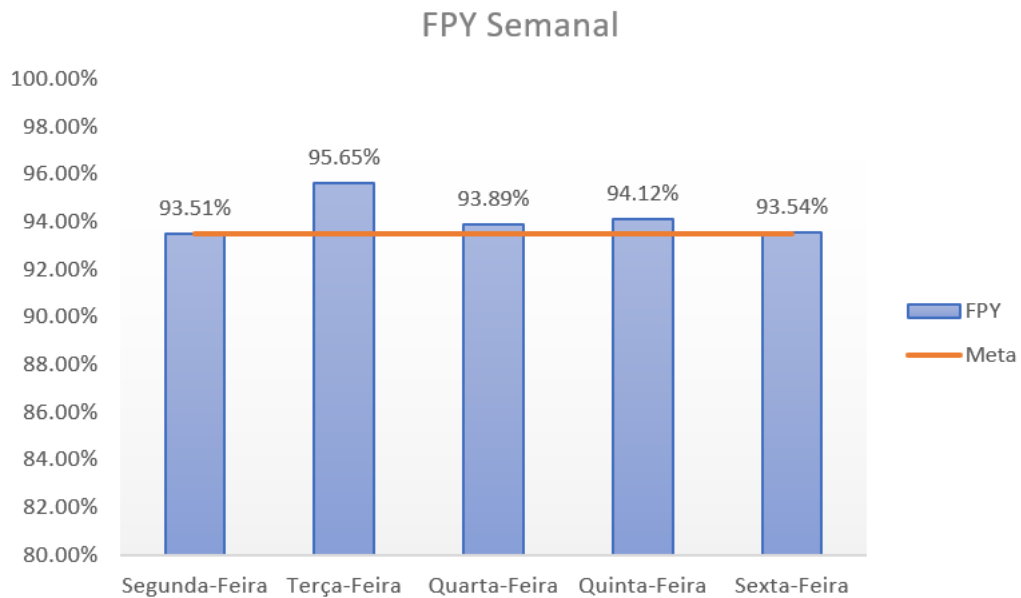
$$FPY = \frac{200 - 13}{200}$$

$$FPY = \frac{187}{200}$$

$$FPY = 0,935 = 93,50\%$$

A partir desse número é possível fazer avaliações sobre aquele equipamento dependendo dos resultados apresentados pelo mesmo. Para isso, é possível simular os seguintes cenários:

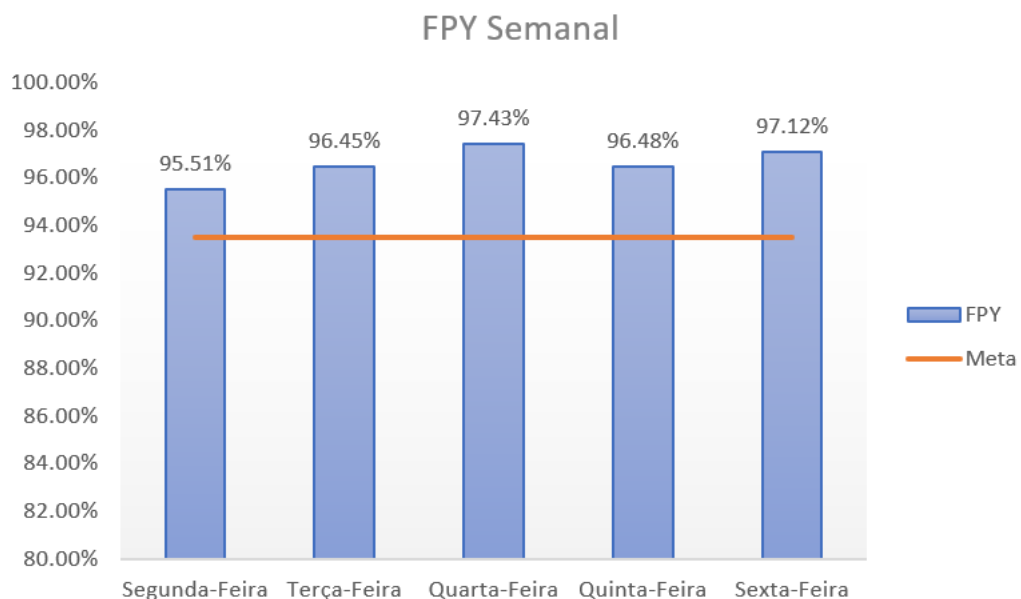
Figura 10 - Variação de FPY: Cenário 1



Fonte: Autor

Nesse cenário é possível visualizar o FPY estabilizado acima da meta e variando próximo a ela, esse é um caso de processo padronizado em que o planejado está de fato ocorrendo.

Figura 11 - Variação do FPY: Cenário 2

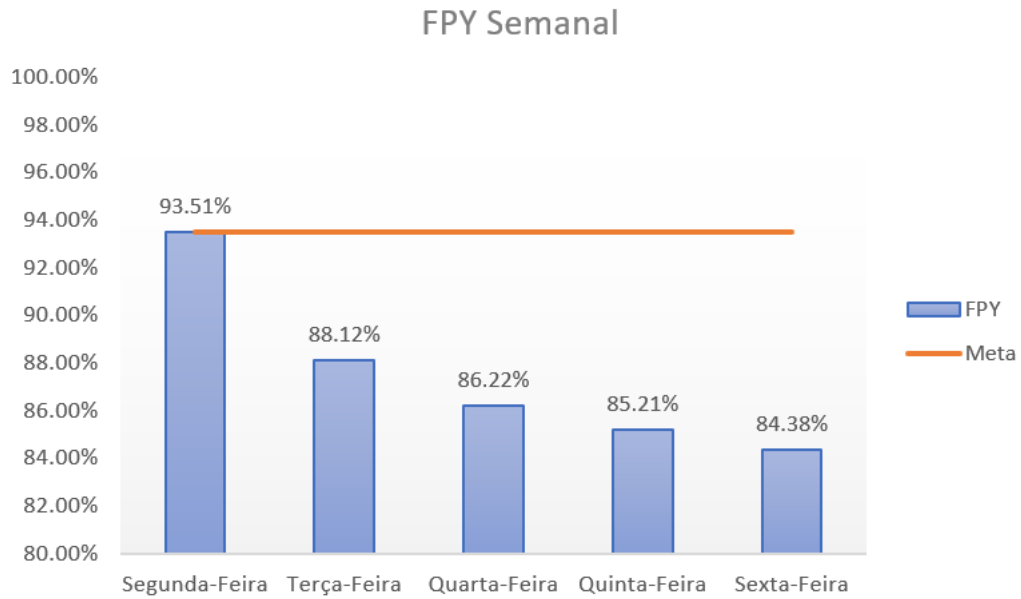


Fonte: Autor

No segundo cenário, é possível notar que o processo também se encontra estabilizado, entretanto a meta estipulada para o índice aparenta estar subdimensionada. A grande problemática desse tipo de cenário é a provável subtilização do processo produtivo, onde se planeja certa produção levando em

consideração um índice mais baixo que o real, dessa forma a empresa pode estar perdendo a possibilidade de aumentar a capacidade produtiva.

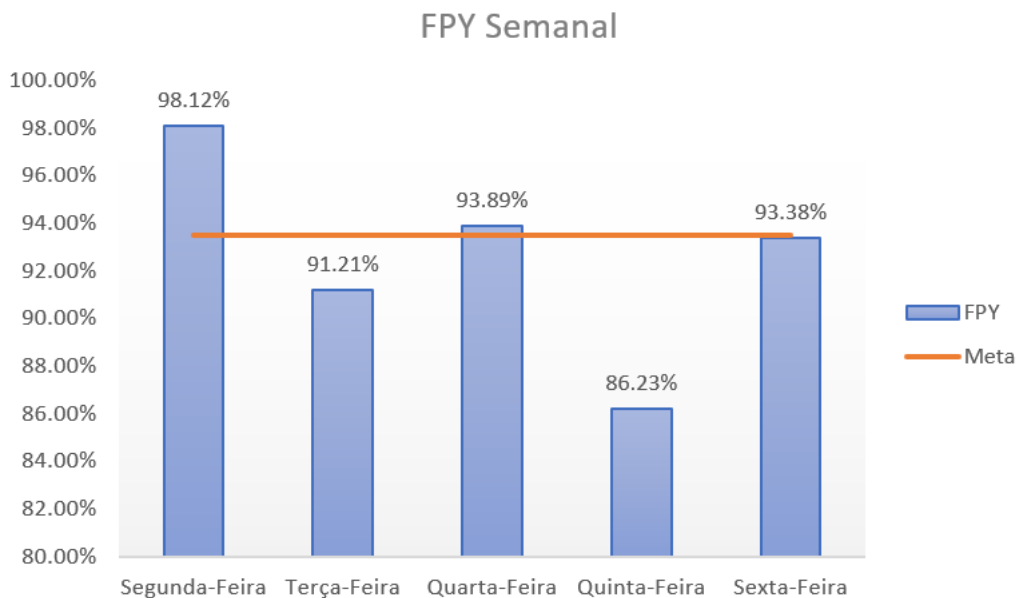
Figura 12 - Variação do FPY: Cenário 3



Fonte: Autor

O terceiro cenário exemplifica uma tendência aguda de queda em que não só a meta não é atingida mas também há uma clara diminuição no índice dia a dia. Conclui-se após uma análise superficial que há alguma anomalia no processo que possa estar causando tal resultado, necessitando, assim, de uma análise técnica pela profissionais responsáveis.

Figura 13 - Variação do FPY: Cenário 4



Fonte: Autor

Por fim, o cenário 4 apresenta um terceiro tipo de problemática, um processo produtivo provavelmente despadronizado, em que alguma anomalia tem causado uma variação no índice de primeira passagem muito alta ao longo dos dias, reduzindo a previsibilidade do processo no ponto de vista dos gestores.

2.4 Introdução à Ciência de Dados

As instituições e a comunidade científica em geral dependem de maneira crucial dos dados. O papel dos dados como elementos essenciais para o processo decisório e para o progresso científico já é amplamente reconhecido, nos últimos anos, testemunhou-se um aumento significativo na quantidade de dados disponíveis na vasta rede. Na era conhecida como *big data*, quatro "Vs" são essenciais: o volume (quantidade de dados), a variedade (heterogeneidade e diversidade de formatos e tipos de dados estruturados e não estruturados) e a velocidade (produção de dados em fluxo contínuo e em tempo real) (Laney, 2001).

Alguns também incluem mais dois "Vs": viabilidade e valor. Viabilidade refere-se à capacidade de identificar relacionamentos e padrões latentes em grandes volumes de dados, enquanto valor está associado à necessidade de aplicar e traduzir esses relacionamentos e padrões para situações reais e práticas que gerem resultados tangíveis (BIEHN, 2013). Ao realizar uma metanálise de diversas definições de big data, incluindo aquelas que incorporam os "Vs", Ward e Barker (2013) concluem que existem três fatores críticos comuns nestes conceitos: o tamanho, representando o amplo volume dos conjuntos de dados; a complexidade, englobando a estrutura, comportamento e permutações dos conjuntos de dados; e, por fim, as tecnologias, ferramentas e técnicas utilizadas para processar conjuntos de dados extensos e complexos.

Figura 14 - 5V's do Big Data



Fonte: Ponto Tel. (2022)

Dados gerados em tempo real e em fluxo contínuo provenientes de logs de sistemas, sensores, satélites, redes sociais, registros de transações online, dados brutos e primários de pesquisa resultantes de estudos financiados, pesquisas cidadãos e coletivas, dados abertos governamentais, entre outros, têm aumentado de forma exponencial em servidores web. O desafio primordial não é encontrar ou localizar dados, mas sim determinar como utilizá-los de modo significativo e aproveitar ao máximo seu potencial de aplicação. Portanto, há uma crescente demanda por análise de dados por meio de uma abordagem holística e interdisciplinar, que considere a integração e combinação de dados provenientes de diferentes fontes. Esta abordagem é precisamente a essência da ciência de dados (LOUKIDES, 2012).

2.4.1 Visualização de Dados

O processo de descoberta de informações em bases de dados compreende as seguintes etapas: desenvolvimento do Data Warehouse; seleção/amostragem de dados; pré-processamento e limpeza de dados; transformação/redução de dados; data mining; criação de modelos e definição de padrões; avaliação da usabilidade dos padrões definidos; visualização de dados; e extração de conhecimento (FAYYAD, 1998).

Parte-se da premissa de que seres humanos não são eficientes na interpretação de grandes volumes de dados em formato numérico ou textual, especialmente em espaços de altas dimensões. No entanto, eles têm uma percepção

notável quando esses dados são apresentados de forma gráfica. Por outro lado, técnicas totalmente automáticas para detecção de características, classificação, agrupamento, regressão, etc., frequentemente falham em aproveitar outros conhecimentos que um ser humano pode reconhecer e interpretar facilmente (ANKERST, 1999).

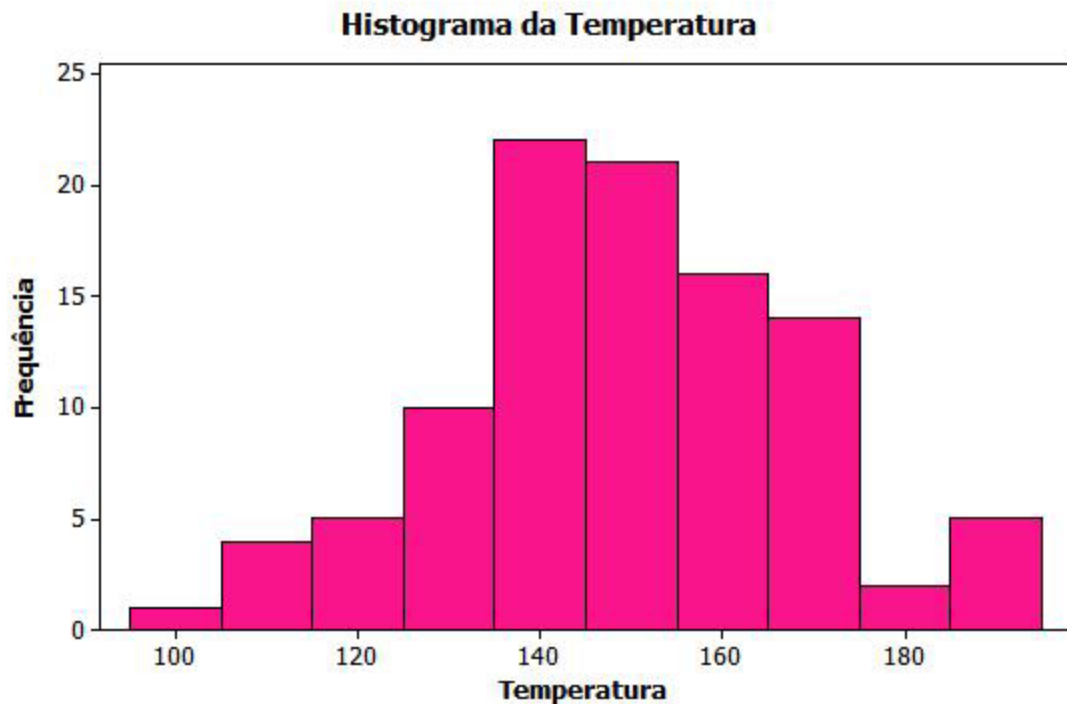
As técnicas de visualização existentes geralmente representam informações estatísticas sobre os dados, como a exibição de agregados (contagem, total, mínimo, máximo, média, etc.) por meio de gráficos de barras, diagramas circulares (“pizza”) (Figura 15), xy, etc. Em situações em que os dados naturalmente apresentam uma distribuição espacial, há também técnicas de visualização espacial desses dados (KEIM,2000).

Figura 15 - Gráfico de Setores Circulares ou "Pizza"



Fonte: Suporte Microsoft

Figura 16 - Exemplo de Histograma



Fonte: Lean Six Sigma Brasil

Num contexto mais amplo, o termo "Visualização" implica criar uma imagem visual na mente humana, indo além de uma simples representação gráfica de dados ou conceitos. Dessa forma, uma visualização pode atuar como uma ferramenta cognitiva, tornando-se um instrumento externo para a construção de conhecimento, aproveitando as capacidades perceptivas e cognitivas humanas. De forma mais específica, a visualização é definida como "o uso de representações visuais de dados abstratos, suportadas por computador e interativas para ampliar a cognição" (SCHERTENLEIB, 2006).

A visualização desempenha um papel mais significativo no processo de análise de dados do que na mera observação. Ao organizar dados conforme critérios específicos, com o objetivo final de visualizá-los, obtém-se informações e possibilita a construção de novos conhecimentos sobre eles. Portanto, ferramentas computacionais de visualização e análise podem apoiar os usuários em todo o processo de análise dos dados envolvidos. Geralmente, essas ferramentas podem dar suporte a três atividades (ALEXANDRE; TAVARES, 2007):

1. Análise exploratória: O usuário busca descobrir novos conhecimentos contidos nos dados, explorando visualmente a representação e procurando indícios que possam sugerir tendências específicas e relações que possam levar a hipóteses.

2. Análise confirmatória: O usuário possui uma hipótese, e o objetivo é, por meio da exploração visual, determinar evidências para aceitação ou rejeição dessa hipótese.

3. Apresentação: Utilizada para representação gráfica e exposição das relações, estrutura, comportamento e outras características intrínsecas aos dados em questão.

Nos últimos quinze anos, a visualização tem se destacado como uma área de estudo autônoma, mas que recebe contribuições substanciais de outras áreas do conhecimento, como ciências da computação, psicologia, semiótica, design gráfico, cartografia, artes, entre outras. Assim, a visualização é relevante em diversos campos de pesquisa, mas sempre com um objetivo comum: o uso da metáfora visual para representar a estrutura e os relacionamentos entre os dados (VANDE, 2005).

O processo de representação visual de dados pode ser considerado quase interpretativo, uma vez que, a partir de um conjunto específico de dados originais, busca gerar uma interpretação visual dos mesmos. Modelos gráficos e representações visuais de dados devem ser usados para a análise e a obtenção de informações úteis subjacentes, apoiando a interação direta do usuário com as representações geradas.

2.4.2 Sistemas de Apoio à Decisão ou Business Intelligence aplicado ao Chão de Fábrica

Os dados, em seu estado bruto, possuem pouca utilidade, sendo necessário seu tratamento e interpretação para extrair informações e conhecimento. Para essa finalidade, existem diversas ferramentas específicas disponíveis comercialmente. Empresas renomadas do setor de Tecnologia da Informação, como Oracle, IBM, Seagate e Microsoft, oferecem softwares que podem ser adaptados às necessidades de usuários individuais ou corporações. Essa área é atualmente denominada

Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ou *Business Intelligence* (BI), um termo que tem recebido maior atenção recentemente, (FORTULAN, 2005).

Atualmente, as principais aplicações de BI são encontradas nas áreas de finanças, marketing e atendimento ao cliente, concentrando-se amplamente em setores como bancos, seguradoras e empresas de comércio.

Para se destacarem no atual mercado global, as empresas precisam possuir um conhecimento mais abrangente do que em épocas passadas. Além disso, para alcançarem o sucesso, é necessário que tenham uma compreensão mais profunda de seus clientes, mercados, tecnologias e processos, sendo crucial obter essas informações antes de seus concorrentes (Heinrichs e Lim, 2003). A posse de informações torna-se uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões, levando as empresas a extrair dados de seus sistemas operacionais e armazená-los separadamente dos dados operacionais, originando assim os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), (FORTULAN, 2005).

Shim et al. (2002) descrevem os SAD como soluções computacionais desenvolvidas para auxiliar na tomada de decisões complexas durante a resolução de problemas. As ferramentas clássicas de SAD incluem componentes para gerenciamento de bancos de dados sofisticados, funções avançadas de modelagem e designs de interface do usuário poderosos, mas intuitivos, que possibilitam a interação com perguntas, relatórios e funções gráficas.

Segundo Carlsson e Turban (2002), o termo SAD tem sido cada vez menos utilizado, sendo substituído com mais frequência por expressões como Business Intelligence, tanto em revistas quanto em websites de vendas. Da mesma forma, esses termos praticamente substituíram o uso de Executive Information Systems (EIS). No entanto, observa-se um aumento no reconhecimento de que a Business Intelligence está se tornando um componente essencial na chamada segunda geração dos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que claramente reconhece a necessidade de oferecer suporte não apenas ao processamento de transações operacionais, mas também à análise de dados.

Grigori et al. (2004) complementam que, ao ter dados limpos e agregados sobre um determinado processo armazenados em um *Data Warehouse*, é possível realizar análises utilizando tecnologias de Business Intelligence e extrair conhecimento sobre as circunstâncias que levaram a determinados resultados no passado, seja positivo ou negativo. Essas informações podem ser utilizadas para explicar por que tais circunstâncias ocorreram e para prever possíveis problemas nos processos em andamento (FORTULAN, 2005).

2.4.3 Dashboards

Um dashboard, no contexto de visualização de dados, é uma representação gráfica interativa que fornece uma visão consolidada e em tempo real de diversos indicadores e métricas importantes para uma empresa ou processo específico. Ele é projetado para ser uma interface intuitiva e de fácil leitura, permitindo que os usuários monitorem e compreendam rapidamente o desempenho de suas atividades (BARBOSA, 2017).

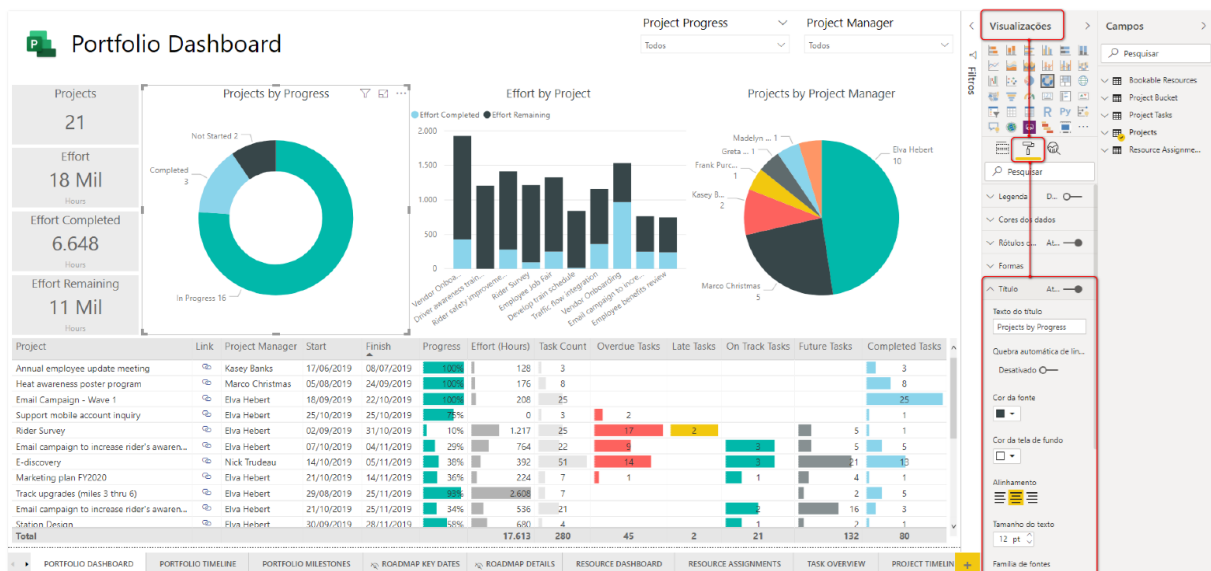
A composição de um dashboard envolve diversos elementos, como *widgets* e gráficos, que representam dados de maneira visual, KPIs (*key performance indicators*) ou indicadores-chaves de performance que refletem o progresso em direção aos objetivos organizacionais, tabelas e listas para exibir dados detalhados em formato tabular, filtros e seletores que permitem aos usuários personalizar a visualização, concentrando-se em dados específicos, mapas para representar dados geográficos, e elementos visuais personalizados conforme as necessidades da empresa.

A importância dos dashboards para as empresas é notável. Eles possibilitam uma tomada de decisão mais rápida, fornecendo informações cruciais de maneira rápida e acessível. Além disso, permitem o monitoramento em tempo real do desempenho de processos e metas, facilitando a compreensão visual de dados complexos por meio de representações visuais, e contribuem para o alinhamento estratégico, ajudando na comunicação e alinhamento das equipes com os objetivos organizacionais. (SILVA, 2018)

Os KPIs são fundamentais em dashboards e podem incluir métricas como produção total, FPY, tempo de ciclo médio e afins.

Diversos softwares comerciais estão disponíveis para a criação de dashboards, entre eles, destaca-se o Power BI, desenvolvido pela Microsoft. O Power BI permite a conexão com várias fontes de dados, criação de visualizações interativas e compartilhamento fácil. Possui uma versão gratuita e é amplamente utilizado por sua integração com outras ferramentas Microsoft, facilidade de uso e poderosas capacidades de análise de dados. Outras ferramentas como Tableau, QlikView, Google Data Studio e Domo também são reconhecidas no mercado por suas funcionalidades na criação de dashboards eficientes.

Figura 17 - Exemplo Dashboard em Power BI



Fonte: Suporte Microsoft

3. METODOLOGIA

3.1 Análise Institucional

3.1.1 Empresa escolhida

O projeto foi desenvolvido em uma fábrica do setor eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus, mais precisamente em uma fabricante de modems, receptores, decodificadores e outros bens de informática.

A empresa, apesar de produzir bens finais, se enquadra no modelo de negócio B2B (*business to business*), portanto suas vendas são feitas diretamente para

operadoras responsáveis pelo fornecimento de serviços como internet, televisão a cabo e telefone para os consumidores finais, como Claro, TIM, Alares, OI, SKY e afins.

Essa empresa, por possuir um sistema de rastreabilidade extremamente bem definido, possuindo um MES que extrai dados e logs referentes a todas as placas dentro do fluxo do processo produtivo e mantém esses dados de forma bruta em sua base de forma que a análise não é tão intuitiva.

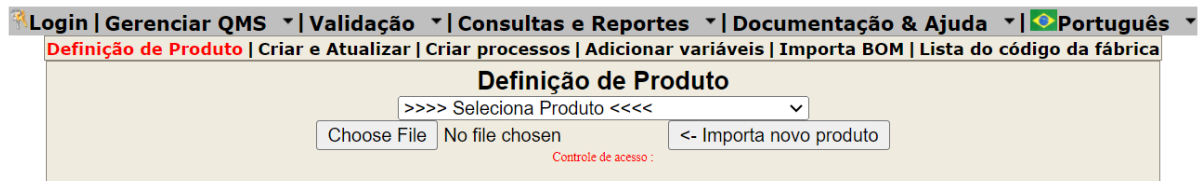
3.1.2 Áreas Interessadas

- **Qualidade:** É a área responsável pelo acompanhamento dos indicadores do processo produtivo. Portanto, necessitam acompanhar diariamente através do MES as variações nesses indicadores para poder acionar as áreas responsáveis em caso resultados abaixo das metas estipuladas.
- **Engenharia:** É uma das áreas responsáveis pelos equipamentos em produção, majoritariamente os equipamentos relacionados aos testes funcionais dos modems e às máquinas de automação industrial. O acompanhamento da tendência dos equipamentos é de suma importância para evitar que haja parada de máquina ou perda de eficiência.
- **Produção:** É de extremo interesse do setor de produção que os equipamentos do processo estejam performando da melhor forma possível para que os planos de produção sejam cumpridos.

3.2 Descrição do Processo Atual

Para entender o processo atual, é necessário entender o funcionamento geral do MES da empresa e como é possível extrair as informações pertinentes para esse trabalho.

Figura 18 - Tela Inicial MES

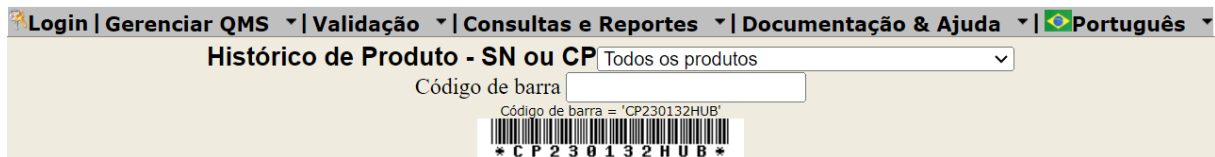


Fonte: Autor

3.2.1 Consulta de SN

O código SN (*Serial Number*) é como se chama comumente na indústria eletroeletrônica o número de série de determinado produto, de forma que seu histórico jamais seja confundido com nenhum outro. Um SN permite a uma empresa para identificar um produto e obter informações adicionais sobre o mesmo, de forma que a garantir a rastreabilidade do processo produtivo.

Figura 19 - Consulta de SN de uma placa



Fonte: Autor

Na figura 19 é possível verificar que um produto de SN CP230132HUB foi pesquisado no MES, na figura 20 é possível ver alguns parâmetros medidos em determinado teste salvos no histórico consultado desse produto. Na figura 21 é possível ver o status aprovado dessa placa no *Final Test* (conforme descrito em 2.1.3), o equipamento em que a mesma foi testada (06) e o tempo necessário para se aprovar o produto (210 segundos) e a data e hora em que a mesma foi aprovada.

Figura 20 - Parâmetros Medidos salvos no MES

```

WiFi_DUT_INSERT_4360_SSH_11B = PASS
WiFi_DUT_INITIALIZE_4360_SSH_11B = 22.59
TX1_POW_2412_11B_CCK11_B20 = 0
TX1_MASK_2412_11B_CCK11_B20 = -18.9
TX1_EVM_2412_11B_CCK11_B20 = -6.4
TX1_FREQ_2412_11B_CCK11_B20 = 21.85

```

Fonte: Autor

Figura 21 - Status de Teste

Tipo do teste anterior = FinalTest		
Line	Date/Time	
2023-02-13	07:47:10	FinalTest06 ref=FGA2232CLB sn=31397130240343020 TimeSpend=210 sec

Fonte: Autor

3.2.2 Monitoramento por estação

Outra funcionalidade de interesse do trabalho em questão é o monitoramento do FPY por estação de teste por intervalo de tempo.

É possível fazer o filtro da seguinte forma:

Figura 22 - Filtrando Equipamentos

Login | Gerenciar QMS | Validação | Consultas e Reportes | Documentação & Ajuda | Português

FGA2232CLB(FGA2232CLB) v0 (Prod)

Data de início: 01/11/2023 Data de fim: 01/11/2023 Tipo de Teste: FinalTest;1 Turno: 07:00:00..17:18:00

De: Até:

FinalTest01 FinalTest02 FinalTest03 FinalTest04 FinalTest05
 FinalTest06 FinalTest07 FinalTest08 FinalTest09 FinalTest10
 FinalTest11 FinalTest12 FinalTest13 FinalTest14 FinalTest15
 FinalTest16

Desmarcar Todos

Mostrar apenas índices de Qualidade

Ranking: 20

Resultados de Primeira Passagem

Fonte: Autor

Nota-se que é possível filtrar pela data onde-se quer fazer a consulta, delimitando início e fim, logo a consulta pode ser para todo o ano assim como pode ser feita somente para um dia do mês.

Na parte superior é necessário selecionar o modelo (nome do produto a nível de fábrica), no caso, para este exemplo, foi selecionado o modelo FGA2232CLB, o mesmo apresentado na figura 3.

Ao lado direito seleciona-se qual estação de teste pretende-se filtrar, a partir dessa seleção é mostrado ao usuário todos os equipamentos disponíveis em produção para aquele teste. No caso do teste selecionado, o *Final Test*, é possível ver que existem 16 equipamentos em produção.

Por fim marca-se o horário no qual será feito o filtro.

O resultado desse filtro é uma tabela com 5 colunas conforme é possível ver abaixo. Vale ressaltar que devido ao regimento interno da empresa escolhida, não é possível apresentar resultados reais da mesma, por conta disso os valores apresentados na tabela 1 são randômicos.

Tabela 1 - Consulta de Teste durante determinado horário

SN	DATE	RESUL	CÓDIGO DE FALHA	FAILURE DESCRIPTION
CP2343328F9	12/1/2023 7:31	G		
CP2343327GD	12/1/2023 7:35	G		
CP2343328ZP	12/1/2023 7:39	G		
CP2343327FA	12/1/2023 7:43	B	BDF00L	ManausCheckRoute
CP234332900	12/1/2023 7:47	G		
CP23433248G	12/1/2023 7:55	G		
CP2343324GT	12/1/2023 7:59	G		
CP23433259D	12/1/2023 8:07	G		
CP234332702	12/1/2023 8:18	TOK	BDFB07	Verify TX Power
CP2343328YG	12/1/2023 8:23	G		
CP2343328H6	12/1/2023 8:26	G		
CP2343327GC	12/1/2023 8:30	G		
CP23433248D	12/1/2023 8:34	G		
CP2343327N9	12/1/2023 8:45	G		
CP2343327GT	12/1/2023 8:53	G		
CP2343328Y9	12/1/2023 8:57	G		
CP2343327FG	12/1/2023 9:01	G		
CP230132L8D	12/1/2023 10:30	G		
CP2304325UB	12/1/2023 10:34	G		
CP230132TRG	12/1/2023 10:38	G		

Fonte: Autor

A primeira coluna “SN” é justamente onde se identifica cada produto de forma única, na tabela que é gerada no MES cada SN é gerado no formato de link, de forma que ao clicar no mesmo o usuário será redirecionado para a consulta individual daquele produto, onde é possível consultar todo o histórico do mesmo conforme figuras 19,20 e 21

A segunda coluna apresenta a data e a hora em que aquele produto foi aprovado ou reprovado (primeiro status) no teste em que se foi filtrado.

A terceira coluna apresenta o status da primeira passagem. Existem apenas 3 status, G (*good*) que atesta que aquele SN foi aprovado em sua primeira passagem, TOK (teste ok) que representa um SN que foi testado, reprovado, mas em seu reteste foi aprovado. Por fim B (*bad*) representa aqueles produtos que foram reprovados e não possuem status de aprovado no reteste, seja porque o reteste não foi realizado ou a falha se repetiu.

As últimas duas colunas só são preenchidas em caso de falhas, onde é descrito o código e a descrição da falha gerada automaticamente pelo log dos testes.

A partir desses dados calcula-se automaticamente o FPY daquela estação ou de todas as estações de forma conjunta durante o intervalo de tempo filtrado. No caso da consulta gerada na tabela 1, como de 20 produtos testados, 2 tiveram falha na sua primeira passagem pode-se dizer que o FPY é de 90% para o intervalo filtrado. Esse valor aparece sobre a tabela gerada para cada estação.

3.3 Proposta de Solução

Identifica-se claramente que o processo de rastreabilidade do processo da empresa escolhida é extremamente maduro, entretanto não existe um sistema que para análise de dados históricos, dificultando a análise de tendências históricas, aumentando a imprevisibilidade do processo. Entende-se que o desenvolvimento de uma interface que consiga captar em tempo real esses dados brutos oriundos do MES e posteriormente apresente-os visualmente em um *dashboard* iria aumentar a previsibilidade do processo e elevar o patamar da empresa no que diz respeito a análise de dados, além de reduzir custos anuais com retrabalhos, manutenção corretiva, horas extras e outros custos relacionados a tomada de decisão não tão rápida por conta da falta dessa interface.

Para a criação desse *dashboard* será usada a ferramenta Power BI da Microsoft, software comercial de licença gratuita muito utilizado em análise de dados principalmente em setores como varejo, mercado financeiro e marketing, porém pouco utilizada em âmbito industrial.

Figura 23 - Tecnologias utilizadas - Power BI



Fonte: Wikipedia (2018)

Para alimentar o dashboard é necessário que dados sejam injetados no software, para isso será utilizado um programa em Python utilizando a plataforma Google Colaboratory. O programa fará o processo de scrapping dos dados do MES, limpá-los e tratá-los antes de os enviar para o Power BI.

Figura 24 - Tecnologias utilizadas: Linguagem Python e Google Colab



Fonte: Medium (2021)

3.4 Mapeamento do Processo Proposto

Figura 25 - Fluxo dos Dados



Fonte: Autor

3.5 Descrição dos Requisitos

Para se criar o *dashboard* deve-se primeiramente definir com exatidão o escopo do mesmo.

Sendo o *dashboard* uma reunião de diversos elementos visuais, é possível visualizar diferentes tipos de KPIs, mas para este projeto considera-se somente dois:

- FPY
- Tempo de Ciclo

O *dashboard* terá 2 páginas, Sendo uma para análise do FPY no período de produção selecionado assim como o tempo de ciclo, o objetivo da primeira página é visualizar resultados de falha discriminados por equipamento e estação além dos resultados comparados com as metas estabelecidas. Uma segunda página irá mostrar as tendências da linha por equipamento. A mesma configuração se repete para o tempo de ciclo. A princípio pretende-se criar o dashboard somente para o principal modelo em produção na fábrica. Entretanto, a replicação para mais produtos é extremamente simples pois consiste apenas na mudança dos endereços ao fazer o *web scrapping*.

O cálculo do FPY deve ser apresentado conforme a equação apresentada em 2.3. Serão 4 representações individuais para esse indicador:

- Gráfico de Barras com o FPY de todos os equipamentos cadastrados para cada linha de produção, será possível filtrar por produto e conseqüentemente o gráfico irá alternar para aquele selecionado. Deve haver também uma linha atravessando o gráfico indicando a meta por equipamento.
- Gráfico de Pareto mostrando as principais falhas por equipamento.
- Gráfico estilo velocímetro indicando o FPY geral daquela linha de produção em relação a meta cadastrada por equipamento
- Gráfico estilo velocímetro indicando o tempo de ciclo médio daquela linha de produção em relação a meta cadastrada por equipamento

Na segunda página do dashboard o objetivo é ver uma análise de tendência ao longo do tempo, portanto as formas gráficas serão:

- Gráfico de Tendência, mostrando o FPY por equipamento ao longo do tempo necessário para análise
- Gráfico de Tendência, mostrando o tempo de ciclo médio por equipamento ao longo do tempo necessário para análise

4. IMPLEMENTAÇÃO

Primeiramente, foi criado programa em Python dentro do ambiente google colab que consiga coletar todos os dados de interesse partindo de um dia específico até 30 dias anteriores. Esses dados serão enviados para o Power BI onde, por sua vez serão criadas as representações visuais do *dashboard* conforme a descrição de requisitos apresentada anteriormente.

A segunda etapa da implementação do projeto consiste em tornar o processo descrito anteriormente em automático para que seja possível visualizar os dados em tempo real.

4.1 Criação da Tabela

Os dados coletados do MES são convertidos em um *dataframe*, que basicamente é uma tabela com todos os dados distribuídos em determinadas colunas. Pretende-se criar uma *dataframe* com as seguintes colunas:

1. SN – Número de série do produto, esta será a forma de tornar cada linha do *dataframe* única.
2. Modelo – Indica de qual produto das diversas linhas da fábrica está se tratando aquela linha.
3. Estacao – Indica a estação de teste a qual aquela linha está sendo atribuída. Portanto, será possível ver SNs repetidos ao longo do *dataframe*, já que um mesmo produto é testado em todas as estações da linha.
4. Equipamento – Indica qual equipamento daquela estação o produto foi testado, a quantidade máxima varia de estação para estação.
5. Tempo de Ciclo – Um dos KPIs de interesse do projeto será extraído diretamente do histórico.

6. Status – Pode ser escrito de três formas, B, G, TOK conforme descrito em 3.2.2.
7. Data – Informação de suma importância para temporização dos dados, será extraído no formato mês-dia-ano hora-minuto-segundo.
8. Falha – Essa coluna será preenchida com o tipo de falha do produto naquele teste, caso o produto não apresente falha será preenchido com “Aprovado”

No Google Colab usa-se a biblioteca Pandas, que é uma biblioteca de Python voltada para manipulação e análise de dados. Ele fornece estruturas de dados flexíveis, como o *dataframe*, que facilita a organização e manipulação de conjuntos de dados tabulares. Abaixo é possível visualizar essa manipulação para a criação da tabela conforme os requisitos do projeto:

Figura 26 - Criação da tabela usando biblioteca pandas

```
#Importando biblioteca Pandas
import pandas as pd

# Declarando as colunas que serão utilizadas no Dataframe
nomes_colunas = ['SN', 'Modelo', 'Estacao', 'Equipamento', 'Tempo_de_Ciclo', 'Status', 'Data', 'Falha']

# Declarado o dataframe como df e adicionando as colunas
df = pd.DataFrame(columns=nomes_colunas)

# Apresentando em formato tabular o dataframe vazio
df
```

SN	Modelo	Estacao	Equipamento	Tempo_de_Ciclo	Status	Data	Falha
----	--------	---------	-------------	----------------	--------	------	-------

Fonte: Autor

4.2. Extração dos Dados

Para a extração dos dados usados no projeto existem algumas possibilidades conhecidas, cada qual com suas vantagens dependendo do propósito do projeto.

Como a intenção inicialmente é mostrar dados históricos e as vantagens de se possuir uma interface amigável que apresente esses dados e facilite a tomada de decisão, será utilizado o Selenium, que é uma ferramenta de automação de navegador que permite controlar e interagir com navegadores da web de forma programática. Ela é comumente usada para testes automatizados de aplicativos web,

web scraping (extração de dados da web) e automação de tarefas repetitivas em páginas da web. A principal utilidade do Selenium é a automação de interações em páginas web. Ela fornece uma API que permite abrir um navegador, navegar para páginas, preencher formulários, clicar em botões, extrair informações e realizar outras ações como um usuário real faria.

Essa interface irá ter como obrigação adquirir de forma automatizada todos os dados do ano de 2023 necessários para que seja feita a análise conforme a descrição dos requisitos. Essa extração pode ser entendida conforme o diagrama de blocos a seguir:

Figura 27 - Fluxo de extração de dados com selenium



Fonte: Autor

Figura 28 - Código para uso do Selenium exemplificado

```

# Caminho para o executável do webdriver. Neste exemplo, usa-se o Google Chrome como navegador.
# É necessário baixar o driver compatível com a versão do navegador.
webdriver_path = '/caminho/para/o/chromedriver'

# URL do site aleatório que deseja-se acessar
url = 'https://www.exemplo.com'

# Configuração do webdriver
options = webdriver.ChromeOptions()
options.add_argument('--headless') # Execução sem interface gráfica (opcional)
options.add_argument('--disable-gpu') # Necessário para execução sem GPU
driver = webdriver.Chrome(executable_path=webdriver_path, options=options)

# Acessa a URL
driver.get(url)

# Aguarda alguns segundos para garantir que a página seja carregada
time.sleep(5)

# Exibe o título da página apenas como exemplo
print("Título da Página:", driver.title)

# Capture outras informações ou realize ações específicas conforme necessário para o seu TCC

# Feche o navegador
driver.quit()

```

Fonte: Autor

4.3 Exportação dos Dados

Após todos os *dataframes* terem sido criados utilizando *scraping* no MES da fábrica, os mesmos foram concatenados em um só *dataframe* que irá conter todos os dados dos 300,000 produtos produzidos naquela linha de produção ao longo do ano de 2023.

Figura 29 - Concatenação dos dataframes

```

[ ] # Lista com os dataframes
dataframes2 = [df_final,dfw1,dfw2]

# Concatenando os dataframes
df_base = pd.concat(dataframes2, ignore_index=True)

# O parâmetro ignore_index=True redefinirá os índices do novo dataframe resultante

```

Fonte: Autor

Por fim, antes de exportá-lo, é necessário confirmar se existem as 900,000 linhas esperadas para esse *dataframe*. Esse valor é esperado pois os mesmos SNs foram testados nas três estações rastreadas nesse projeto.

Figura 30 - Dataframe criado

```
# Exibindo o novo dataframe
df_base.tail()
```

	SN	Modelo	Estacao	Tempo_de_Ciclo	Status	Data	Falha
899995	CP22S68OK32	FGA2232CLB	WLAN 3	91.940926	G	2023-12-31	Aprovado
899996	CP22S5VTT32	FGA2232CLB	WLAN 4	111.278355	G	2023-12-31	Aprovado
899997	CP22JK19732	FGA2232CLB	WLAN 3	104.601839	G	2023-12-31	Aprovado
899998	CP22RS24E32	FGA2232CLB	WLAN 1	134.478736	G	2023-12-31	Aprovado
899999	CP2207KNC32	FGA2232CLB	WLAN 5	136.747388	G	2023-12-31	Aprovado

Fonte: Autor

Finalmente, é necessário realizar a exportação do *dataframe* para que o mesmo possa ser importado no software usado para a visualização dos dados. A exportação será feita para o formato *csv* (*comma separate values*) ou arquivo com valores separados por vírgula.

Figura 31 - Exportando o arquivo para CSV

```
[ ] df_base.to_csv('base_de_dados_v3.csv', index=False)
```

Fonte: Autor

4.4 Importação dos Dados para o Power BI

Os dados, originalmente em formato CSV, são exportados para o Power BI mediante o uso da linguagem M. Essa linguagem de consulta é empregada no Power Query, uma ferramenta da Microsoft dedicada à transformação de dados. O Power Query está integrado em diversas aplicações Microsoft, incluindo Excel, Power BI, entre outras, possibilitando a manipulação e transformação eficientes de conjuntos de dados.

Figura 32 - Código em Linguagem M para Importação de dados

```
let
Source = Csv.Document(File.Contents("C:\Users\bragag\OneDrive - Vantiva\Documents\Gustavo\UEA\tcc\base_de_dados_v3.csv"),[Delimiter=";", Columns=7, Encoding=1252, QuoteStyle=QuoteStyle.None],
#"Promoted Headers" = Table.PromoteHeaders(Source, [PromoteAllScalars=true]),
#"Changed Type" = Table.TransformColumnTypes("#Promoted Headers",{{"SN", type text}, {"Modelo", type text}, {"Estacao", type text}, {"Tempo_de_Ciclo", Int64.Type}, {"Status", type text}, {"Data", type date}},
#"Added Custom" = Table.AddColumn("#Changed Type", "Equipamento", each if Text.StartsWith([Estacao], "WLAN") then "WLAN"
else if Text.StartsWith([Estacao], "Default") then "Default"
else if Text.StartsWith([Estacao], "Final") then "Final"
else null)
in
#"Added Custom"
```

Fonte: Autor

É possível visualizar que a importação foi bem sucedida a partir da própria tela de pre-visualização do Power Query conforme a Figura 33.

Figura 33 - Dados importados em forma tabular

	AP: SN	AP: Modelo	AP: Estacao	i? Tempo_de_Ciclo	AP: Status	Data	AP: Falha	Equipamento	
1	CP225J4F32	FGA2232CLB	Default2		30 G		1/1/2023	Aprovado	Default
2	CP221OZ3H32	FGA2232CLB	Default1		28 G		1/1/2023	Aprovado	Default
3	CP2279VU332	FGA2232CLB	Default1		23 G		1/1/2023	Aprovado	Default
4	CP2217WMMW32	FGA2232CLB	Default5		25 G		1/1/2023	Aprovado	Default
5	CP22M211992	FGA2232CLB	Default2		25 G		1/1/2023	Aprovado	Default
6	CP224GQLE32	FGA2232CLB	Default2		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default
7	CP22M6FQH32	FGA2232CLB	Default4		27 G		1/1/2023	Aprovado	Default
8	CP2221P5D32	FGA2232CLB	Default6		27 G		1/1/2023	Aprovado	Default
9	CP221AA1F32	FGA2232CLB	Default3		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default
10	CP22D3HPK32	FGA2232CLB	Default6		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default
11	CP22WGYX32	FGA2232CLB	Default4		25 G		1/1/2023	Aprovado	Default
12	CP22BEAR532	FGA2232CLB	Default7		27 G		1/1/2023	Aprovado	Default
13	CP22D8QGB32	FGA2232CLB	Default4		26 G		1/1/2023	Aprovado	Default
14	CP226DRWQ32	FGA2232CLB	Default1		28 G		1/1/2023	Aprovado	Default
15	CP228QKYV32	FGA2232CLB	Default2		24 G		1/1/2023	Aprovado	Default
16	CP2283EU32	FGA2232CLB	Default5		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default
17	CP221KPG132	FGA2232CLB	Default6		24 G		1/1/2023	Aprovado	Default
18	CP22T1V9E32	FGA2232CLB	Default7		22 G		1/1/2023	Aprovado	Default
19	CP228MVTD32	FGA2232CLB	Default7		23 G		1/1/2023	Aprovado	Default
20	CP225H1D832	FGA2232CLB	Default5		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default
21	CP22570LH32	FGA2232CLB	Default2		21 G		1/1/2023	Aprovado	Default
22	CP22CGSV532	FGA2232CLB	Default1		27 G		1/1/2023	Aprovado	Default
23	CP22R9G1Z32	FGA2232CLB	Default7		23 G		1/1/2023	Aprovado	Default
24	CP22V3L8Y32	FGA2232CLB	Default6		23 G		1/1/2023	Aprovado	Default
25	CP229HWW32	FGA2232CLB	Default7		30 G		1/1/2023	Aprovado	Default
26	CP22UWY532	FGA2232CLB	Default7		26 G		1/1/2023	Aprovado	Default
27	CP22BRQEA32	FGA2232CLB	Default7		28 TOK		1/1/2023	Falha4	Default
28	CP22F0BBS32	FGA2232CLB	Default5		27 G		1/1/2023	Aprovado	Default
29	CP22FDBVR32	FGA2232CLB	Default3		22 G		1/1/2023	Aprovado	Default
30	CP22AT1PT32	FGA2232CLB	Default2		29 G		1/1/2023	Aprovado	Default

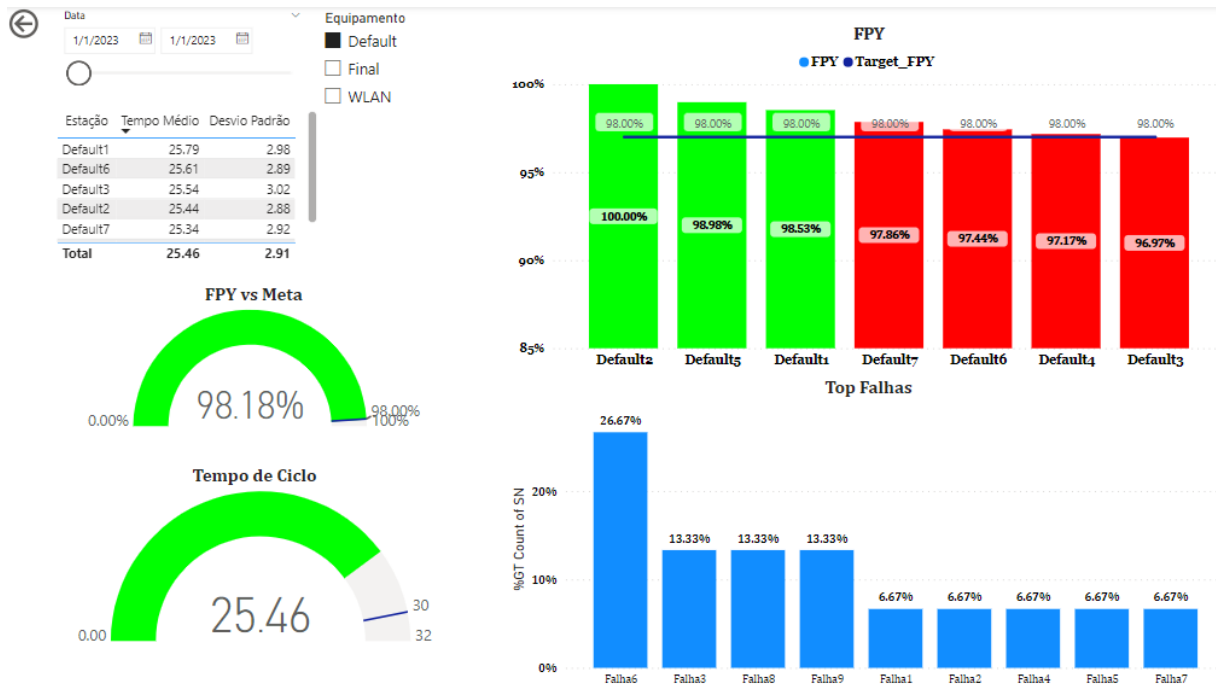
Fonte: Autor

4.5 Primeira página do Dashboard

Feito isso, é necessário fazer a criação do *dashboard* conforme os requisitos descritos estabelecidos em 3.5.

A primeira página do *dashboard* tem como objetivo mostrar os resultados diários de produção e compará-los com metas previamente estabelecidas. É possível também filtrar por outras datas e mesmo visualizar os dados durante um período selecionável de tempo. Abaixo é possível visualizar a primeira página do *dashboard*.

Figura 34 – Relatório 01.01.2023



Fonte: Autor

É possível visualizar no canto superior esquerdo do relatório dois ícones importantes; data e equipamento que funcionam no *dashboard* como filtros para que gestores possam selecionar, respectivamente, o intervalo de tempo da análise e o equipamento que será analisado. Na página de exemplo vista na Figura 34 pode-se notar que filtrou-se pelo dia 01/01/2023 e o equipamento selecionado é o Default.

Entre os gráficos apresentados é possível ver, no canto superior esquerdo, uma tabela que resume o tempo de ciclo médio por estação, tal qual o desvio padrão dessa média, a partir desses dados será possível saber se a média global está sendo afetada por alguma estação específica, o desvio padrão irá ajudar o gestor a ver o quanto esse valor é confiável. No exemplo da Figura 34 é possível notar que o tempo médio do Default nesse dia específico não varia muito de estação para estação, da mesma forma o desvio padrão é relativamente baixo e também varia pouco de estação para estação.

Abaixo da tabela verifica-se dois gráficos conhecidos como velocímetro. O primeiro mostra o FPY calculado naquele dia para o equipamento filtrado, a coloração do mesmo é verde pois a meta cadastrada para aquele equipamento, conforme visto no gráfico, é 98%, que é menor que o valor de 98,18% medido. O cadastro da meta

de 98% pode ser registrada manualmente no Power BI mas também pode ser extraído do MES caso esse valor esteja discriminado em algum local. O velocímetro do tempo de ciclo funciona de forma inversa, pois o valor medido no dia deve estar abaixo da meta estabelecida. É possível compreender isso quando se calcula o UPH (*units per hour*) ou unidades produzidas por hora baseando-se no tempo de ciclo medido e a meta

$$UPH_{\text{MEDIDO}} = \frac{60 \times 60}{25,46} = 141,39 \text{ unidades}$$

$$UPH_{\text{META}} = \frac{60 \times 60}{30} = 120 \text{ unidades}$$

Na parte direita existem dois gráficos de barras, o superior mostra o FPY estratificado por estação, o objetivo é claro, visualizar se o índice está sendo impactado por alguma estação. É possível reparar que a estação Default2 foi a melhor estação do dia, tendo um FPY de 100% enquanto que o Default3 foi a pior com FPY de 96,97%. A partir dessas informações o gestor da área responsável por esses indicadores terá uma noção mais precisa sobre a eficiência dos equipamentos, nesse caso o mesmo poderia pedir ao time de Engenharia que checasse, se as falhas apresentadas no Default3 são falsas (problema no equipamento) ou verdadeiras (problema de matéria prima). Tendo em vista o bom desempenho de outras estações, imagina-se primeiramente que haja alguma peculiaridade negativa naquela específica.

O segundo gráfico mostra tendência de falhas apresentadas, esse gráfico é de suma importância para o gestor entender qual é o principal ofensor à eficiência daquele equipamento. No exemplo da figura 34, a falha hipotética 5 é a causadora de mais de $\frac{1}{4}$ das falhas apresentadas, portanto a mesma deve ser a primeira a ser atacada.

Na figura 35 mostra-se o mesmo relatório entretanto mudou-se a data para 08/11/2023. O objetivo é analisar as diferenças do que fora visto no relatório gerado no primeiro dia de produção do ano.

Figura 35 - Relatório dia 08.11.2023



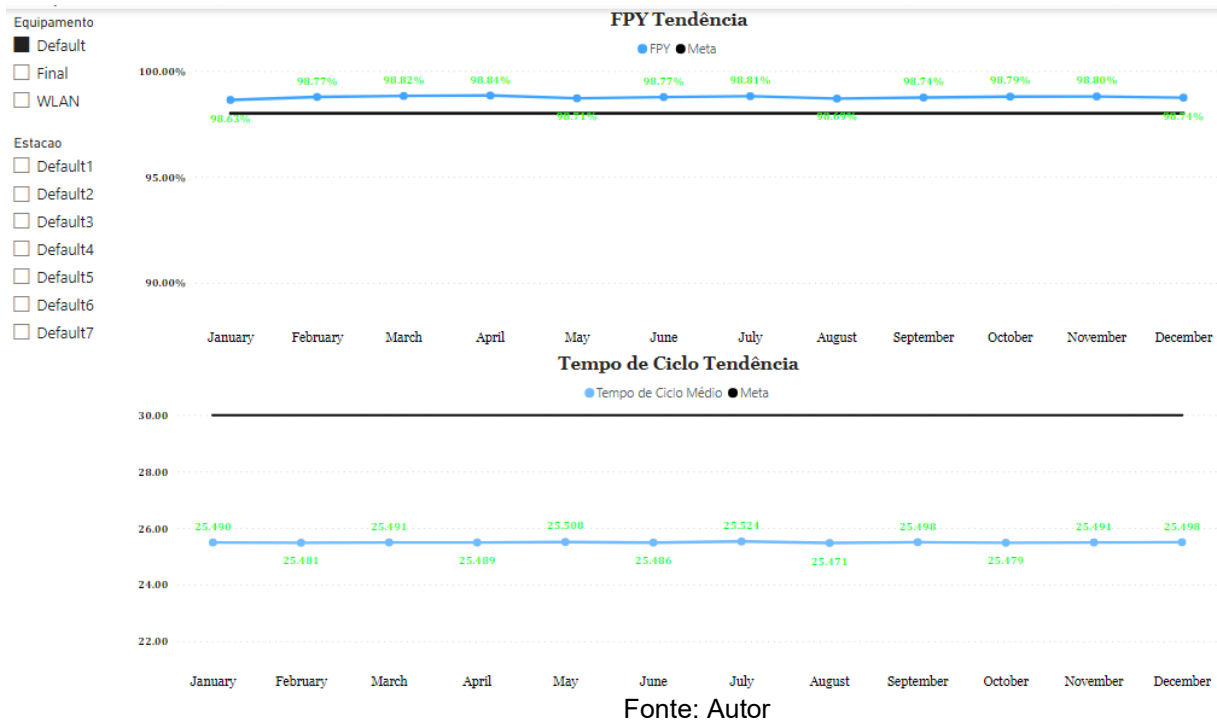
Fonte: Autor

Fazendo uma análise rápida vê-se que o tempo de ciclo do equipamento basicamente não sofreu variação em relação à primeira consulta. O FPY por outro lado teve uma melhora significativa, subentende-se a partir dos gráficos da direita que devido a diminuição de falhas, já que o número de tipos de falhas caiu de 9 para 3 e consequentemente o FPY também aumentou de forma geral em todas as estações, percebe-se que diferentemente da primeira consulta, todas estão acima da meta estipulada e uniformemente distribuídas, sem grandes diferenças de uma para outra.

4.6 Segunda página do Dashboard

Essa análise temporal é de suma importância para entender as tendências de cada equipamento. Essa primeira página do *dashboard* não foi criada para uma análise de tendências, para isso foi criada a segunda página que fornece essas informações conforme é visto na figura 36.

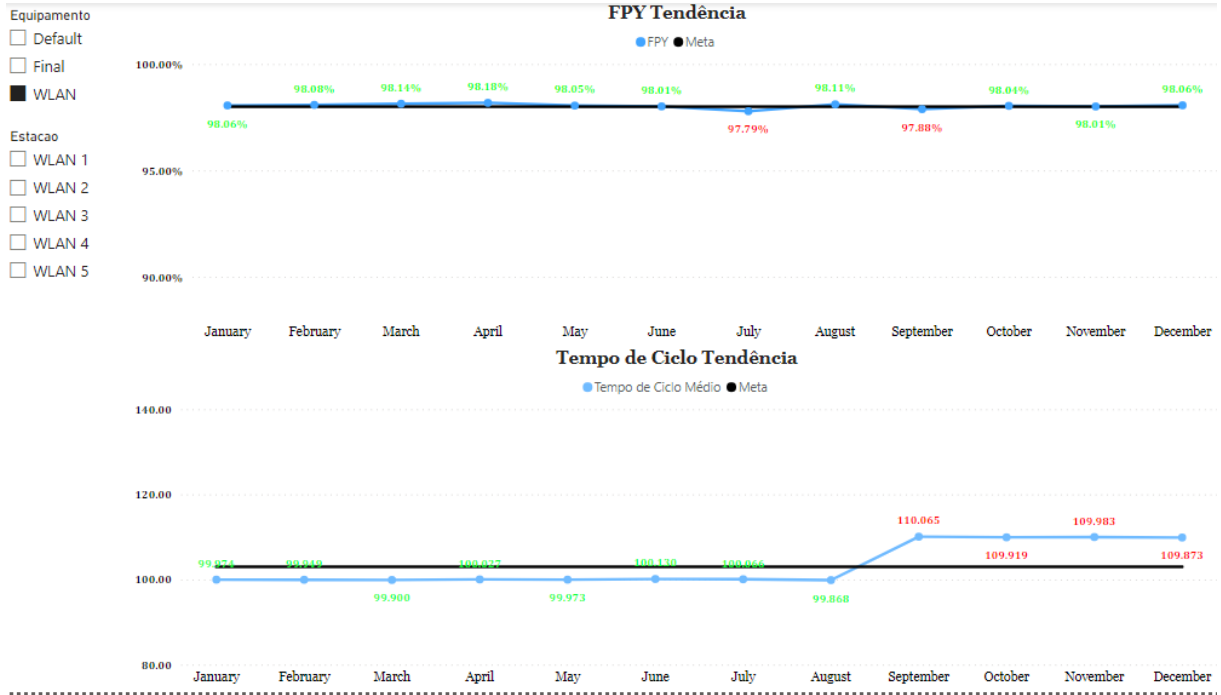
Figura 36 - Tendência de FPY e Ciclo



Nota-se que para o equipamento Default o FPY e o Tempo de Ciclo médio se mantiveram constantes durante todo o período analisado, no exemplo acima escolheu-se arbitrariamente todo o período da consulta que é um ano. Ambos os indicadores ficaram dentro de suas respectivas metas durante todo o período portanto a análise aqui não será muito profunda no que diz respeito a necessidade de ações corretivas.

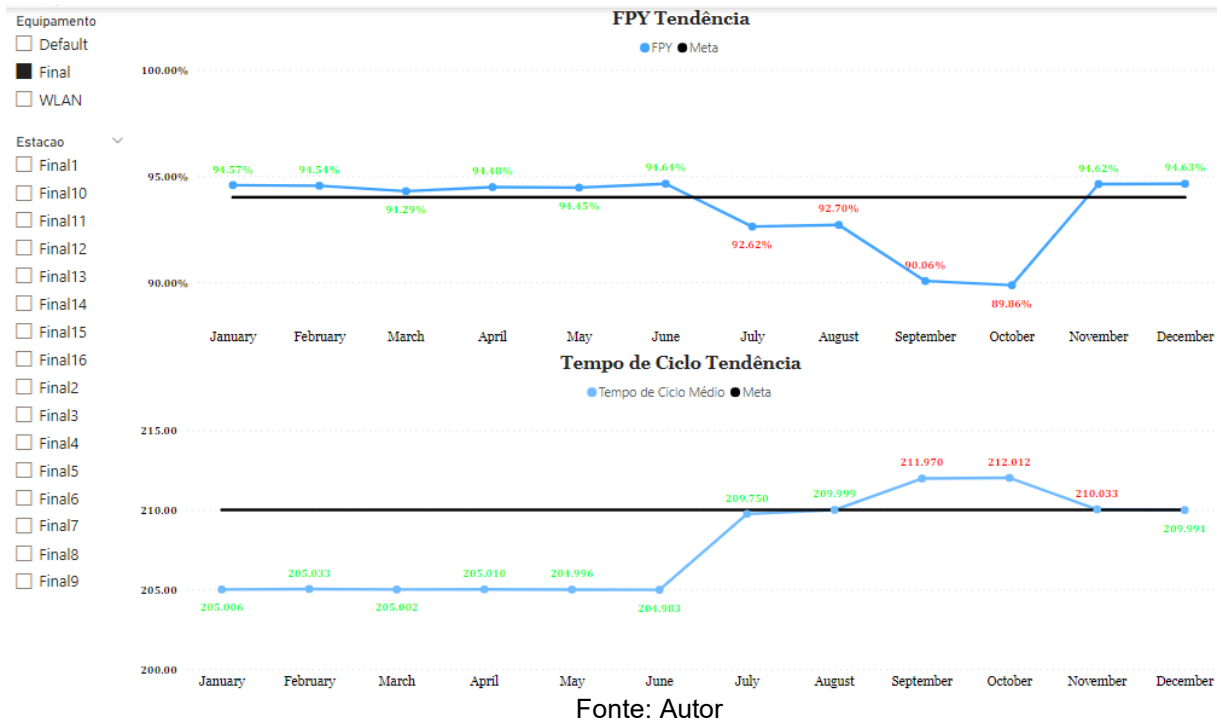
Por outro lado essa análise muda quando parte-se para a visualização da tendência dos equipamentos WLAN e Final conforme as figuras 37 e 38.

Figura 38 - Tendência de FPY e Ciclo WLAN



Fonte: Autor

Figura 37 - Tendência de FPY e Ciclo Final



Fonte: Autor

É possível extrair algumas informações dos gráficos dos equipamentos WLAN e Final.

No WLAN nota-se que o FPY se mantém constante ao longo do ano, com apenas dois meses fechando em índices mais baixos que a meta estabelecida. O tempo de ciclo médio por outro lado apresenta médias acima da meta durante 4 meses consecutivos o que pode afetar drasticamente os planos de produção da empresa, gerando necessidade de horas extras, revesamento e afins.

O equipamento conhecido como Final é o que mais apresenta variações ao longo do ano referente ao FPY ficando bem abaixo da meta em alguns meses como é o caso do mês de Outubro. O tempo de ciclo médio fica 3 meses consecutivos acima da meta. Esses dois indicadores fora da meta de forma conjunta certamente afetam planos de produção e geram um aumento considerado de refugos e retrabalhos.

Uma forma de simular a análise que um gestor faria ao utilizar o *dashboard* para auxiliar na tomada de decisão é buscar compreender exatamente o que pode vir a ter causado os resultados baixos apresentados nas figuras 37 e 38. Obviamente para que a análise fosse completa seria necessário uma compreensão mais profunda sobre o processo de manufatura em questão, o que foge do escopo desse projeto. Entretanto é possível extrair diversas informações relevantes apenas analisando os dados disponíveis no dashboard que por sua vez são de suma importância para o início da análise e para a tomada decisão rápida.

5. CONCLUSÃO

Diante da globalização, aumento da concorrência e margens de lucro reduzidas, as empresas buscam alternativas para minimizar perdas (BASSO; LAURINDO, 2013). O aprimoramento da qualidade e produtividade motiva investimentos na otimização da gestão da produção (Neves, 2011). No setor eletroeletrônico, especificamente na manufatura de modems, o índice de primeira passagem (FPY) destaca-se como indicador crucial para a excelência operacional.

A análise de dados históricos e em tempo real proporciona aos gestores uma visão mais precisa e contextualizada do desempenho do processo, permitindo a identificação rápida de anomalias e a tomada de decisões preventivas. A implementação de uma interface automatizada de coleta de dados visa promover uma compreensão mais profunda das tendências do processo ao longo do tempo.

A solução apresentada neste trabalho visa principalmente transportar a empresa da abordagem tradicional, onde as decisões partem da intuição ou experiência dos colaboradores, geralmente utilizando a filosofia da manutenção corretiva, e transportá-la para a abordagem baseada em dados. Para isso usou-se técnicas de custo de zero utilizando ferramentas confiáveis e robustas dentro do mercado como é o caso do Power BI e do Google Colab, além de se utilizar da linguagem de programação Python que atualmente é a mais difundida academicamente e no mercado.

Dessa forma é possível exemplificar aos gestores, a partir de resultados tangíveis, a importância do investimento em um projeto mais robusto e mais customizado e que centralize toda a visualização de dados da fábrica, utilizando-se de técnica consagradas no desenvolvimento de software.

Para projetos futuros a escalabilidade do projeto aqui apresentado é enorme. No que diz respeito ao banco de dados utilizado, ao invés de comunicar-se diretamente com o MES da fábrica é possível criar a partir de um sistema de gerenciamento de banco de dados um banco de dados próprio que por sua vez tornará extremamente mais simples as consultas e tratamento dos dados enviados para a

visualização. Alguns sistemas que podem ser utilizados são o MySQL e o PostgreSQL

No que tange ao código em Python utilizado para a movimentação dos dados, limpeza e tratamento, é possível migrar o uso do Google Colab, que é uma plataforma WEB mais limitada, para uma IDE (*Integrated Development Environment*) como o Jupyter Notebook ou o Pycharm. Da mesma forma a utilização do *scraping* pode ser substituído pelo uso de APIs nativas do MES da fábrica.

A visualização de dados hoje é feita usando um software comercial, entretanto para uma maior customização do ambiente afim de satisfazer os requisitos dos gestores envolvidos é possível criar um sistema WEB utilizando HTML e CSS (*Cascading Style Sheets*).

Independentemente da maturidade da empresa em relação a criação do sistema, seja utilizando as técnicas apresentadas neste trabalho ou técnicas mais voltadas para o desenvolvimento de software é possível notar uma grande diferença na consulta de dados históricos e no entendimento da performance do processo produtivo como um todo.

A partir do *dashboard* gerado, foi possível extrair diversas informações acerca de problemas recorrentes no processo produtivo o que por sua vez irá tornar a empresa mais predivita e menos corretiva no que tange a tomada de decisão.

A solução pode ser vista, portanto, como tanto técnica quanto cultural, alinhando-se às tendências da Indústria 4.0 e contribuindo para a competitividade e sustentabilidade das empresas no cenário global.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, D. S., TAVARES J.M.R.S. **Factores da percepção visual humana na visualização de dados.** 2007. Disponível em: (<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/357>)

ANKERST, M., C. ELSEN, et al. **Visual Classification: An Interactive Approach to Decision Tree Construction.** 1999. Disponível em: (https://www.researchgate.net/publication/221654449_Visual_Classification_An_Interactive_Approach_to_Decision_Tree_Construction)

BARBOSA, A. L. S. **Dashboard.** 2017. Disponível em : (<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/12096/1/51600093.pdf>)

BASSO, R. G., LAURINDO F. J. B. **Sistemas de apoio à decisão; planejamento da produção; bens de consumo; serviços; inventário.** 2013. Disponível em: (<https://repositorio.usp.br/item/002482934>)

BIEHN, N. **The missing V's in big data: viability and value.** 2013. Disponível em: (<https://www.wired.com/insights/2013/05/the-missing-vs-in-big-data-viability-and-value/>)

BRANDÃO, J. C., ALCAIM, A., & SAMPAIO NETO, R. **Princípios de Comunicações. 1ª ed.** 2014. Disponível em: (<http://www.editora.pucrio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=53&sid=2>)

BRYNJOLFSSON, E., & MCAFEE, A. **A segunda era das máquinas: trabalho, progresso e prosperidade em uma época de tecnologias brilhantes.** 2015. Disponível em: (<https://www.amazon.com.br/segunda-era-das-m%C3%A1quinas/dp/8576089149>)

CARLSSON, C., & TURBAN, E. **DSS: directions for the next decade. Decision Support Systems.** 2002. Disponível em: (https://www.researchgate.net/publication/234764312_DSS_Directions_for_the_next_decade)

DOS SANTOS, J. A. R. **Implementação de Metodologias Lean Six Sigma em Ambiente Industrial.** 2021. Disponível em: (<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/102928>)

FAYYAD, U. **"Mining Databases: Towards Algorithms for Knowledge Discovery." Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering.** 1998. Disponível em: (<https://fayyad.com/mining-databases-towards-algorithms-for-knowledge-discovery-usama-fayyad-bulletin-of-the-ieee-computer-society-technical-committee-on-data-engineering-vol-21-no-1-pp-39-48-march-1998/>)

Fortulan M. R., Filho E. V. G. **Uma proposta de aplicação de business intelligence no chão de fábrica.** 2005. Disponível em: (<https://www.scielo.br/j/gp/a/ydtVGxxBtD65zcx4VmJDJGw/?format=pdf>)

GRIGORI, D., CASATI, F., CASTELLANOS, M., DAYAL, U., SAYAL, M., & SHAN, M. C. **Business Process Intelligence**. 2004. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361503001994>)

HEINRICHS, J. H., & LIM, J. S. **Integrating web-based data mining tools with business models for knowledge management**. 2003. Disponível em: (https://www.researchgate.net/publication/222647685_Integrating_web-based_data_mining_tools_with_business_models_for_knowledge_management)

KEIM, D. A.. **Designing Pixel-Oriented Visualization Techniques: Theory and Applications. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**. 2000. Disponível em: (<https://ieeexplore.ieee.org/document/841121>)

LANEY, D. **3D Data management: controlling data volume, velocity, and variety. Application Delivery Strategies**. 2001. Disponível em: (<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1611280>)

LAURINDO, F. J. B. **Tecnologia da informação: planejamento e gestão de estratégias. 1. ed. São Paulo: Atlas**. 2008. Disponível em: (https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5510442/mod_resource/content/8/PRO3553A1-Conceitos_TI_GridMatriz.pdf)

LOUKIDES, M. **What is Data Science?** 2012. Disponível em: (https://www.researchgate.net/publication/333752364_What_Is_Data_Science)

MAXMES. **Evolução do conceito de MES**. 2009. Disponível em: (http://www.maxmes.com.br/wordpress/maxmes_white_paper_01.pdf)

MCINTOSH, P. S., JAMES, D. L., TAN, L.-Q. **Systems, devices, agents and methods for monitoring and automatic reboot and restoration of computers, local area networks, wireless access points, modems and other hardware**. 2013. Disponível em (<https://patents.google.com/patent/US8365018B2/en>)

MESA INTERNATIONAL. **Collaborative Manufacturing Explained**. 2004. Disponível em: (<https://t1.daumcdn.net/cfile/tistory/1233AD4C50C976CE1C>)

MESA INTERNATIONAL. **MES Explained: A High Level Vision**. 1997. Disponível em: (<https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>)

NEVES, J. M. S. das. **Contribuições da implantação da tecnologia de informação MES – Manufacturing Execution System – para a melhoria das dimensões competitivas da manufatura – estudo de caso Novelis Brasil Ltda. Guaratinguetá**. 2011. Disponível em: (<https://docplayer.com.br/1574835-Jose-manoel-souza-das-neves.html>)

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. 2020. Disponível em: (<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>)

PRASAD, R. P. **Surface Mount Technology: Principles and Practice. 2nd Edition**. 1997. Disponível em: (<https://www.amazon.com/Surface-Mount-Technology-Principles-Practice/dp/0412129213>)

RABAK, C. S.; SICHMAN, J. S. **Otimização do processo de inserção automática de componentes eletrônicos empregando a técnica de times assíncronos.**

2001. Disponível em:

(<https://www.scielo.br/j/pope/a/LVFBvLVHqvPGdH7MSV7T8LP/>)

SCHERTENLEIB, A. **Introduction of Sonification. In NASA – Goddard Space Flight Center.** 2006.

SHIM, J. P., WARKENTIN, M., COURTNEY, J., POWER, D. J., SHARDA, R., & CARLSSON, C. **Past, present, and future of decision support technology.** 2002.

Disponível em:

(https://www.researchgate.net/publication/222402824_Past_Present_and_Future_of_Decision_Support_Technology)

SILVA, C. B., POHLMANN C. R. **Uma análise da implementação do sistema mes em uma indústria de manufatura eletrônica.** 2014. Disponível em:

<http://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5469?show=full>

SILVA, R. F. **Desenvolvimento de dashboard para análise de dados de agronegócio.** 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2018. Disponível em:

(<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15530?mode=full>)

SIMÕES, W. L.; DALLA VECCHIA, R.; DA SILVA, M. G. **Proposição de um modelo de otimização para programação da produção em Sistema Flexível de Manufatura (FMS) com tempos de setup dependentes da sequência: a combinação de esforços em sequenciamento e tempos de preparação na indústria eletrônica.** 2015. Disponível em:

(<https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/50034>)

SUAREZ, F. F.; CUSUMANO, M. A.; FINE, C. F. **An empirical study of manufacturing flexibility in printed-circuit board assembly.** 1996. Disponível em:

(<https://www.jstor.org/stable/171917>)

VANDE, A. M. **Form Follows Data – The Symbiosis between Design & Information Visualization.** 2005. Disponível em:

(https://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2005_2_13_167.content.pdf)

WARD, S., & BARKER, A. **Undefined by data: a survey of big data definitions.**

2013. Disponível em: (<https://arxiv.org/abs/1309.5821>)