UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Lucas Clemente da Silva

Implementação de um sistema de Business Intelligence para o suporte à tomada de decisão de um setor de produção

Florianópolis

Lucas Clemente da Silva		
Implementação de um sistema de Business Intelligence para o suporte à tomada de decisão de um setor de produção		
decisao de um sec	or ue produção	
d U p E	Projeto de Fim de Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação do Centro Tecnológico da Jniversidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel/Licenciado em Engenharia de Controle e Automação. Orientador: Prof. Dr. Ricardo José Rabelo	
Floriand	ánalis	

Ficha de identificação da obra

Silva, Lucas Clemente da

Implementação de um sistema de Business Intelligence para o suporte à tomada de decisão de um setor de produção / Lucas Clemente da Silva ; orientador, Ricardo José Rabelo , 2020. 102 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Engenharia de Controle e Automação. 3. Business Intelligence. 4. Data Warehouse. 5. Sistema de Suporte à Decisão. I., Ricardo José Rabelo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

Lucas Clemente da Silva

Implementação de um sistema de Business Intelligence para o suporte à tomada de decisão de um setor de produção

Esta monografía foi julgada no contexto da disciplina DAS5511: Projeto de Fim de Curso e aprovada na sua forma final pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação.

Florianópolis, 14 de Dezembro de 2020.

Banca Examinadora:

Prof. Ricardo José Rabelo
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Paula Gianini Reis Orientadora Cianet

Rodrigo Tacla Saad

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de obter uma educação de qualidade, e pelas políticas de cotas e assistência estudantil que causam grande impacto social e permitem que o ensino superior de qualidade esteja disponível para todos.

Ao Departamento de Automação e Sistemas, e todo o seu corpo docente pelo comprometimento e dedicação com os alunos, de forma a manter a qualidade do curso e também proporcionar todo o ambiente necessário para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo José Rabelo, e minha orientadora Paula Gianini Reis pelas contribuições e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos meus queridos pais, pela educação, inspiração, incentivo e por proporcionar todas as condições necessárias para que eu possa alcançar meus objetivos.

À todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho, em especial Nilton Ropelato, Joana Caroline, Victória Puccini e José Augusto por todo o apoio, conversas e compartilhamento de conhecimento.



RESUMO

O avanço tecnológico crescente relacionado a hardware e software, permite que as organizações empresariais realizem a captação automatizada, armazenamento e transformação dos dados produzidos por seus processos, e posteriormente, a transformação destes dados em informação. Este processo valoriza os dados ao contextualizar e gerar conhecimento por meio de análises e tomadas de decisão mais assertivas. A fim de se manterem competitivas frente a estas mudanças, as empresas apresentam a necessidade de desenvolver sistemas que forneçam informações baseadas em dados de maneira eficiente. Neste cenário, este documento apresenta a fundamentação teórica acerca de tecnologias de sistemas de apoio à tomada de decisão, assim como as metodologias de desenvolvimento e ferramentas que envolvem a implementação de uma solução de Business Intelligence, que tem por objetivo apresentar indicadores táticos e operacionais que dão suporte aos processos de planejamento, programação e controle de um setor de produção. O sistema desenvolvido fornece informações inferidas por dados coletados dos processos produtivos realizados pelo setor de produção de forma eficiente, permitindo o monitoramento das atividades e a rápida tomada de decisão dos gestores da área.

Palavras-chave: Data Warehouse. Business Intelligence. Sistemas de Suporte à Decisão.

ABSTRACT

The growing technological advances regarding hardware and software allow business organizations to carry out automated capture, storage and transformation of data produced by their processes, and later, the transformation of the data into information. This process adds value to the data by contextualizing and generating knowledge through more assertive analysis and decision making. In order to remain competitive in the face of these changes, companies need to develop systems capable of providing data-based information efficiently. In this scenario, this document presents the theoretical foundation about systems technologies to support decision making, as well as developmental methodologies and tools that involve the implementation of a Business Intelligence solution, which aims to present tactical and operational indicators that support the planning, programming and control processes of a production sector. The developed system provides information inferred by data collected from the production processes carried out by the production sector in an efficient manner, allowing the monitoring of activities and the quick decision making by the managers of the area.

Keywords: Data Warehouse. Business Intelligence. Decision Support System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de processos das Linhas 1,2 e 3.	23
Figura 2: Modelo de processos da Inspeção Final (IF)	24
Figura 3: Modelo de processos da Bancada.	24
Figura 4: Modelo de processos da linha CQR.	25
Figura 5: Pirâmide do Conhecimento.	31
Figura 6: Arquitetura de Business Intelligence.	33
Figura 7: Componentes do processo de ETL.	37
Figura 8: Modelo Esquema Estrela.	40
Figura 9: Quadrante Mágico para plataformas Analíticas e de Business Intelligence	43
Figura 10: Comparativo entre os principais elementos do Power BI	45
Figura 11: Estrutura do OEE	48
Figura 12: Visão geral do modelo proposto.	51
Figura 13: Modelo de solução proposta.	55
Figura 14: Diagrama de atividades.	56
Figura 15: Fluxograma da metodologia de desenvolvimento aplicada	59
Figura 16: Pirâmide organizacional	65
Figura 17: Modelo relacional da base de dados da produção	68
Figura 18: Base de dados de programação da produção	69
Figura 19: Modelo estrela dos processos da produção	70
Figura 20: Conexão JDBC com a base de dados da produção	72
Figura 21: ETL responsável pela alimentação dos dados da DIM DEFEITO	72
Figura 22: Extração dos dados de Defeito	73
Figura 23: Primeira etapa de transformação dos dados da <i>DIM_DEFEITO</i>	74
Figura 24: Segunda etapa de transformação dos dados da <i>DIM_DEFEITO</i>	75
Figura 25: Etapa de carregamento dos dados na <i>DIM_DEFEITO</i>	76
Figura 26: ETL da tabela fato.	77
Figura 27: Extração das dimensões relacionadas pela chave transacional	78
Figura 28: Esquema Estrela obtido	79
Figura 29: Job para atualização da ETL	80

Figura 30: Dimensão Defeito no Power BI Desktop.	81
Figura 31: Cálculo do OEE.	82
Figura 32: Cálculo da Disponibilidade	82
Figura 33: Cálculo da Produtividade	82
Figura 34: Cálculo da Qualidade	83
Figura 35: Visualização do relatório Gerencial com o OEE	83
Figura 36: Cálculo do indicador de Inspeção Final	84
Figura 37: Indicadores de Inspeção Final e CQR	84
Figura 38: Produtividade por dia	85
Figura 39: Produtividade Individual.	86
Figura 40: Visualização do Percentual de Representatividade de Parada	97
Figura 41: Cálculo do Percentual de Representatividade das Paradas	97
Figura 42: Quantidade de Produtos Produzidos e Produtos com Defeito	98
Figura 43: Cálculo da Quantidade de Produtos com Defeito na Linha 1	99
Figura 44: Cálculo da Quantidade de Produtos Produzidos na Linha 1	99
Figura 45: Soma dos Minutos de Duração das Paradas	100
Figura 46:Visualização da Duração dos Processos da Linha 1	101
Figura 47: Média de Duração do Almoço	102
Figura 48: Média de Duração do Café	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

CQR - Controle de Qualidade de Recebimento

IF - Inspeção Final

CKD - Completely Knock-Down

OEM - Original Equipment Manufacturer

DEP - Departamento

MK - Montagem de Kit

CQR - Controle de Qualidade de Recebimento

TI - Tecnologia da Informação

BI - Business Intelligence

DW - Data Warehouse

DM - Data Mart

SAD - Sistemas de Apoio à Decisão

DSS - Decision Support System

SGBD - Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados

ERP - Sistema Integrado de Gestão Empresarial

OLAP - Online Analytical Processing

ETL - Extract, Transform, and Load

SI - Sistema de Informação

SaaS - System as a Service

SQL - Structured Query Language

BD - Banco de Dados

OLTP - Online Transaction Process

PDI - Pentaho Data Integration

OEE - Eficácia Geral do Equipamento



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	JUSTIFICATIVA	19
1.5	ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	20
2	A EMPRESA	21
2.1	OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO	21
2.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	25
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
3.1	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO	29
3.2	BUSINESS INTELLIGENCE.	30
3.2.1	Pirâmide do Conhecimento	31
3.2.2	Arquitetura	33
3.3	FONTES DE DADOS.	35
3.3.1	Banco de dados	35
3.4	EXTRAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E CARREGAMENTO	37
3.5	DATA WAREHOUSE	38
3.6	DATA MART	39
3.7	MODELAGEM DIMENSIONAL	40
3.8	VISUALIZAÇÃO	42
3.9	FERRAMENTAS	43
3.9.1	Power BI	4 4
3.9.2	Pentaho Data Integration	
3.10	INDICADORES DE DESEMPENHO	47
3.10.1	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	51
4	ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	51
4.1	REQUISITOS FUNCIONAIS	
4.2	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	58
5	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	59
5.1	METODOLOGIA	59
5.1.1	Planejamento	60
5.1.2	Entendimento dos Processos.	61
5.1.3	Análise das fontes de dados	61
5.1.4	Preparação do DM ou DW	62

5.1.5	Criação das Dashboards	62
5.1.6	Divulgação	63
5.1.7	Manutenção	63
5.2	IMPLEMENTAÇÃO	64
5.2.1	Planejamento	64
5.2.2	Entendimento dos processos	67
5.2.3	Análise das fontes de dados	67
5.2.4	Preparação do DM	69
5.2.5	Criação das Dashboards	
5.2.6	Divulgação	86
5.2.7	Manutenção	
6	CONCLUSÃO	8 9
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE A – Representatividade por parada	
	APÊNDICE B – Indicadores operacionais da Linha 1	
	APÊNDICE C – Indicadores de Tempo Médio de Almoço e Café	101

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado tem exigido cada vez mais que as empresas de manufatura disponibilizem seus produtos com rapidez, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e menor custo. Fatores estes que interferem diretamente na competitividade das empresas, e que dependem da disponibilidade e produtividade de seus recursos de produção (WEISMANN; NIGGESHMIDT, 2006) . Esta busca por competitividade torna indispensável o desenvolvimento de melhorias nas mais diversas áreas da empresa, buscando em todos os casos o aumento da qualidade dos processos desempenhados.

Buscando implementar melhorias, os gestores precisam conhecer cada um dos processos desenvolvidos por suas áreas, de forma a saber quais são as necessidades de melhoria e gargalos, podendo então tomar as decisões necessárias para iniciar as implementações tecnológicas. Segundo Cokins (2012), basear o processo decisório de uma instituição na intuição de seus gestores é perigoso, pois determinados executivos podem assumir grandes riscos pensando que aquilo que funcionou no passado funcionará sempre, enquanto outros podem ter certa dificuldade em tomar atitudes arriscadas buscando a melhoria de seus processos. Quando se assumem riscos baseados apenas na intuição, faltam parâmetros que garantam a qualidade da decisão escolhida. Para aumentar a assertividade das escolhas tomadas, é fundamental baseá-las em informações relacionadas às atividades realizadas pela organização diariamente e durante a sua história, contribuindo assim positivamente para o crescimento da instituição (ALMEIDA et al., 2015). Para isso, os responsáveis pela tomada de decisão, tem a necessidade de consultar as informações de forma fácil, rápida e a qualquer momento, diminuindo os riscos (TURBAN et al., 2009).

Como consequência da pressão competitiva, além da necessidade dos gestores em tornar decisões mais assertivas, as empresas de manufatura expressam uma grande necessidade de *lead times* reduzidos, menores tamanhos de lotes e estoques baixos. Aliado às necessidades apresentadas, os atuais avanços em soluções de tecnologia da informação, que

trazem consigo a captação de dados de uma enorme gama de processos, a correta manipulação dos dados captados pode providenciar soluções de gestão que impactam diretamente no aumento da eficiência, segurança e agilidade para a tomada de decisão dos gestores.

Uma das formas encontradas por algumas empresas que dependem de processos de manufatura e que pretendem obter melhores posições no mercado, é possuir um elemento de suporte à decisão que trabalhe em tempo quase real, fornecendo conselhos inteligentes e informações para as funções de programação e liberação de ordens, no caso de distúrbios e eventos imprevistos no processo de produção controlado (SIEMIATKOWSKY; PRZYBYLSKI, 1997).

As principais atividades do processo de gestão da produção são o planejamento, a programação e o controle da produção (CORRÊA, 1997). A integração destas funções determina quão bem a empresa irá atender os seus clientes e ganhar uma posição competitiva no mercado (VOLLMANN et al., 1993).

A empresa na qual o projeto apresentado neste trabalho foi desenvolvido, é do ramo de tecnologia e está situada em Florianópolis, tem mais de 20 anos de história no mercado de telecomunicações. Tem como foco os provedores regionais de internet, que hoje juntos dominam aproximadamente 48,1% do *Market Share* de banda larga fixa à internet por fibra óptica até domicílios, de acordo com os dados da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), fatia que ultrapassa empresas como Vivo, Oi e Claro.

Atualmente a organização desenvolve e comercializa um grande portfólio de produtos utilizados para a construção e manutenção de toda a infraestrutura que um provedor precisa para desenvolver sua rede de fibra óptica, abastecendo provedores regionais de todo o Brasil.

Os insumos pré-fabricados são importados, e realiza-se a montagem, teste e adequação dos produtos às normas brasileiras para que possam ser comercializados com qualidade e segurança. Sua área de produção trabalha atualmente com 6 linhas, três linhas de produção, uma linha de inspeção final, uma de pré-montagem e outra de controle de qualidade de recebimento.

Os processos de controle de produção se baseiam em apontamentos realizados manualmente e em papel, os quais são atualizados diariamente em uma planilha de excel e

analisados pelo gestor da produção, que realiza o planejamento, programação e controle da produção.

Na etapa de planejamento, a previsão de demanda é realizada com os gestores de todas as áreas da empresa em uma reunião de *forecast*, onde mensalmente atualiza-se o número de produtos que serão vendidos nos próximos três meses. A partir dos dados de demanda estabelecidos nesta reunião, realiza-se o planejamento da capacidade de produção, onde se determina a necessidade de aumento ou redução da capacidade de produção instalada.

A programação da produção é a etapa onde o gestor define as metas e tempos de produção necessários para realização do que foi demandado dentro do tempo de trabalho disponível. E por fim na etapa de controle o supervisor analisa os apontamentos realizados durante um período de produção específico.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Por conta do avanço tecnológico crescente e também pela instabilidade econômica atual , não se pode negar a grande necessidade de melhoria contínua em questões estratégicas e operacionais nas empresas. A fim de identificar gargalos operacionais e tornar possível a otimização dos recursos.

Partindo deste ponto, os gestores notaram a necessidade de melhorar o acompanhamento do desempenho da área de produção, que até o presente momento apresentava indicadores que tinham como insumo dados colhidos em um processo manual, assim como foi apresentado brevemente no capítulo anterior, e será apresentado de maneira mais efetiva no capítulo 2.

Da maneira que o processo de apontamento e acompanhamento de indicadores de desempenho da produção eram realizados, a análise se tornava pouco quantitativa, visto que as informações possuíam grande possibilidade de apresentar erros de padronização dos dados, esquecimento de apontamento pelos colaboradores, gerando divergências nos indicadores que por muitas vezes não eram condizentes com a realidade dos processos, além de demandar

grande esforço do supervisor para realizar todo o processo de digitalização dos dados e cálculo dos indicadores diariamente. O período de atualização dos indicadores era grande, dificultando a identificação de gargalos e tornando lenta a tomada de decisão dos gestores.

1.3 OBJETIVOS

Com base na problemática exposta, se objetiva obter uma solução de Business Intelligence, que forneça as informações relevantes para o processo analítico e decisório dos gestores de maneira a diminuir consideravelmente o período de atualização das informações, tornando as análises mais assertivas e agilizando o processo de tomada de decisão. Fornecendo diferentes visualizações dos indicadores de desempenho utilizados para análise de produtividade, qualidade e eficácia da produção, tornando rápido o balanceamento de linha e permitindo a identificação dos pontos de ineficiência e desperdícios.

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar técnicas de Business Intelligence em um conjunto de dados que descrevem o funcionamento diário do setor de produção, a fim de fornecer um sistema de análise orientada às necessidades dos tomadores de decisão e que possam guiar o usuário no processo decisório. De forma que através das especificações prévias baseadas nas necessidades de negócio do usuário final ou tomador de decisão, sejam utilizadas técnicas e processos de extração, transformação e carregamento dos dados do setor de produção, buscando garantir a qualidade da informação e disponibilizá-la com agilidade.

As implicações das decisões tomadas com base nesta solução, impactam diretamente na eficácia e qualidade dos processos aplicados no setor de produção, como estoque de materiais e tempo de produção.

1.3.2 Objetivos Específicos

São os listados abaixo:

- Compreender e analisar os principais indicadores e necessidades do gestor ou usuário final da solução.
- Entender os processos de negócio que envolvem o escopo do projeto que será desenvolvido, e suas principais características.
- Interpretar as maneiras de captação adotadas pela área, a tipologia dos dados e forma como são armazenados.
- Realizar o processo de tratamento dos dados.
- Implementar o desenvolvimento dos indicadores e suas visualizações.
- Avaliar os resultados do projeto.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Anatel, o mercado de Prestadoras de Pequeno Porte (PPP) foi responsável por 90% de toda a expansão da rede de banda larga do país em 2019, somando 1,6 milhões de assinantes. Para acompanhar este crescimento, a empresa investiu em uma área de BI e Inteligência Competitiva, visando realizar melhorias em todos os setores da empresa, com foco em trabalhar a cultura analítica e dar suporte aos gestores no processo decisório, tornando-o guiado por dados.

Partindo deste ponto, notou-se que havia grande necessidade de automatizar o processo de apontamentos da produção. Assim como descreve Chiavenato (2005), o processo de planejamento e controle é um verdadeiro processamento de informações sobre a produção. Este tem uma função bastante importante que é garantir que os gestores estejam cercados de dados e informações que os auxiliem na tomada de decisão. Desta forma, torna-se possível coordenar todos os setores relacionados direta ou indiretamente com a produção.

Portanto, para alcançar os objetivos de melhoria desejados, contratou-se uma empresa para desenvolver um sistema que automatizasse o processo de apontamento, permitindo que posteriormente o setor de BI pudesse padronizar os dados, e gerar informações que permitissem agilizar o processo de tomada de decisão dos gestores da área sem custo adicional de implementação, e também facilitando a utilização dos dados por outras áreas da empresa futuramente, fornecendo uma visão horizontal da empresa para os gestores.

1.5 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este documento está disposto ao decorrer de 6 capítulos, estruturados da seguinte forma:

O capítulo 1, realiza uma apresentação do tema principal, o contexto do problema que será abordado, as motivações e objetivos acerca do que será abordado no decorrer do trabalho, além da própria estrutura do documento.

O segundo capítulo contém informações referentes à empresa onde o projeto desenvolvido e descrito neste trabalho foi realizado, detalhando questões relacionadas aos processos realizados pela área de interesse e o contexto do problema a ser solucionado.

O capítulo 3, contém a fundamentação teórica que dá embasamento aos temas centrais do trabalho, voltados aos Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão, Business Intelligence e os conceitos, arquiteturas e ferramentas associadas.

Apresenta-se no capítulo 4, a descrição das especificações do projeto, assim como os requisitos funcionais, não funcionais e modelo de solução proposta.

Durante o capítulo 5, se apresenta a metodologia de desenvolvimento utilizada durante a implementação da solução, além da própria descrição da implementação do projeto. Detalhando-se os processos de Planejamento, Entendimento dos processos, Análise das fontes de dados, Preparação do DM, Criação das Dashboards, Divulgação e Manutenção.

A Conclusão, apresentada no capítulo 6, realiza uma descrição geral dos resultados obtidos com a implementação da solução, apontando limitações e melhorias.

2 A EMPRESA

Neste capítulo apresenta-se de maneira mais aprofundada os processos de produção, e as dificuldades enfrentadas pela empresa.

2.1 OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Atualmente a área de produção utiliza o sistema de produção empurrada, onde os gestores realizam as análises de previsão da quantidade de produtos que será vendida nos próximos meses, visando minimizar os custos de estoque e tornar a quantidade de produtos produzidos a mais assertiva possível.

O setor produtivo atualmente é dividido em onze processos que são efetuados nas seis linhas de produção presentes. As linhas de produção são divididas em Linha 1, Linha 2, Linha 3, Bancada, Controle de Qualidade de Recebimento (CQR) e Inspeção Final (IF) que funcionam paralelamente de acordo com os produtos que estão sendo produzidos e suas respectivas demandas. Os processos realizados nas linhas 1, 2 e 3 são representados na figura 1, se pode notar que o processo das linhas inicia com o recebimento do lote de peças, e então é identificado se o lote de peças é CKD (*Completely Knock-Down*), que significa que o produto vem completamente desmontado, ou OEM (*Original Equipment Manufacturer*), onde o produto chega já montado pelo fabricante. Após identificado qual a categoria dos produtos presentes no lote, se realiza o *Setup*, processo onde os insumos são organizados, e a linha de produção é preparada para dar início aos processos que serão desenvolvidos posteriormente, durante a manufatura dos produtos.

Tem Peça

OEM ou CKD?

OEM ou CKD?

Tem saldo? Sim

ORGANIZAR

Manutenção

Envia para

Bancada

Manutenção

Inspeção

Final (I.F)

Figura 1: Modelo de processos das Linhas 1,2 e 3.

Caso os produtos sejam OEM, onde já estão montados e configurados, efetua-se o *Setup* e posteriormente o Teste dos produtos, caso haja defeito, o mesmo é enviado para a manutenção. Após a etapa de Teste, o produto entra no processo de Embalagem, nesta etapa se desenvolve a embalagem do produto, alocando-o na caixa com os itens que compõe o produto acabado. Com a embalagem feita, o produto é enviado para a linha de Inspeção Final (IF), que pode ter seu modelo de processos analisado na figura 2.

A linha de produção da IF inicia seus processos ao receber os produtos acabados que foram desenvolvidos nas linhas 1, 2 e 3, a mercadoria passa pelo processo de Avaliação da IF que aplica uma bateria de testes de *hardware* e *software* em uma certa quantidade de produtos de cada lote recebido. Caso exista defeito nos produtos testados nesta etapa, estes são encaminhados para a manutenção, que avalia se o defeito é ajustável, podendo enviar novamente para a linha de produção para que o mesmo passe por retrabalho, ou, caso o defeito não tenha como ser arrumado, encaminhando o produto para descarte. Se não houver defeito, o produto acabado é enviado para a expedição, onde aguarda para ser entregue ao cliente final.

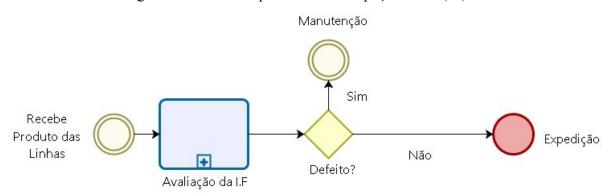


Figura 2: Modelo de processos da Inspeção Final (IF).

Nos casos em que os produtos que serão fabricados são CKD, o desenvolvimento inicia com o setup da linha, e posteriormente pelo armazenamento dos lotes que serão produzidos no departamento 2 (DEP. 2), onde se avalia os produtos de cada lote para identificar quais tem a necessidade de realizar pré montagem de alguns componentes, etapa caracterizada pela pergunta "tem saldo?" no modelo de processo apresentado na figura 1. Caso o produto não tenha saldo, ou seja, haja a necessidade de realizar uma pré montagem, este é enviado para a Bancada que tem o modelo apresentado na figura 3.

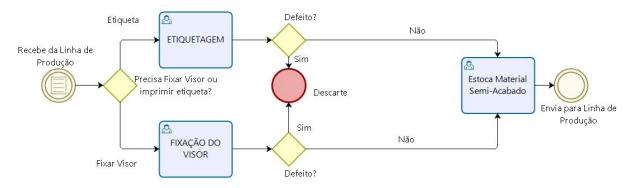


Figura 3: Modelo de processos da Bancada.

Considerando o portfólio atual, os produtos que por vezes precisam de processos realizados na Bancada, passam pelo processo de Etiquetagem ou Fixação de Visor, dependendo da necessidade. Nesta linha também se realiza a identificação de possíveis

defeitos nas peças pré fabricadas, onde se existirem defeitos o material é descartado. Após os materiais passarem pelos processos da bancada, são estocados e enviados novamente para as linhas de produção 1,2 e 3.

As peças que não têm necessidade de passar pela Bancada, são organizadas e passam pelos processos de Gravação, Montagem, Montagem de Kit (MK) e Embalagem, na sequência. Durante o desenvolvimento destes processos existe a possibilidade de encontrar defeito nos produtos e enviá-los para a manutenção. Feita a embalagem, os produtos acabados são enviados para a linha de inspeção final.

Alguns produtos do portfólio atual, tem a necessidade de passar por um processo de controle de qualidade específico, onde se realiza uma bateria de testes que não são desenvolvidos na linha de IF. Estes produtos são enviados para a linha de controle de qualidade de recebimento (CQR), que pode ser analisada na figura 4. Nesta linha são desenvolvidos os testes do processo de avaliação do controle de qualidade de recebimento, avalia-se a existência de defeito, e o produto acabado é enviado para a expedição, caso esteja dentro do perfil de qualidade esperado.

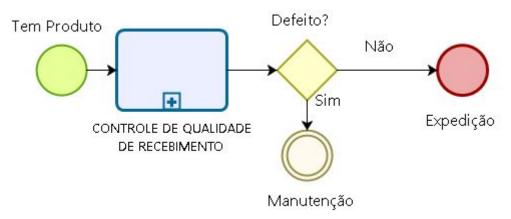


Figura 4: Modelo de processos da linha CQR.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A área de Produção da organização tem como propósito produzir com eficiência e qualidade, agregando confiabilidade aos produtos. Para atender a este propósito os gestores da área buscam constantemente analisar indicadores de desempenho de eficiência e qualidade, a fim de tomar as iniciativas necessárias para que a área se desenvolva e melhore a cada dia, atendendo as expectativas de investidores e conseguindo realizar suas metas e desafios.

O progresso tecnológico permite que os sistemas computacionais de hoje armazenem grandes quantidade de dados, principalmente quando se trata do avanço com a relação a *hardware*. Pesquisadores da Universidade de Berkeley estimam que a cada ano são gerados cerca de 1 exabyte (1 milhão de terabytes) de dados. Os dados são geralmente gravados automaticamente por meio de sensores e sistemas de monitoramento. Geralmente muitos parâmetros são gravados, resultando em dados com alta dimensionalidade. Este fenômeno é conhecido como "internet das coisas" (KEIM; WARD, 2003). Nesta realidade onde o nosso universo de dados é crescente, o desejo de tomadas de decisão orientadas por dados passa a ser uma necessidade quando se leva em consideração a competitividade do mercado de tecnologia.

A partir desta necessidade, os gestores responsáveis pela área da Produção se depararam com um grande desafio, pois a realidade da área era muito diferente do avanço observado no mercado. Todo o acompanhamento de produtividade e outros indicadores eram realizados com base em informações inseridas pelos colaboradores em uma planilha chamada Controle Diário, que todos os dias gerava um relatório impresso para cada colaborador da equipe colocar suas atividades diárias com o respectivo tempo de duração de cada processo e paradas programadas ou não programadas. O controle diário era posteriormente digitalizado pelo responsável que realizava todos os cálculos e análises de cronoanálise, por meio de uma planilha em Excel.

A Cronoanálise tem por objetivo melhorar a produtividade, entender detalhadamente o que ocorre nos processos, determinar a real capacidade de produção, eficiência do

balanceamento das linhas, pontos de ineficiência, desperdícios e interações entre os postos de trabalho. Porém a captação dos dados que servem de base para este processo feito em papel, como descrito anteriormente, pode causar erros de análise e divergência de resultados, interferindo diretamente nos cálculos de eficiência e produtividade, além de tornar o processo mais lento e dificultar as análises comparativas entre dados atuais e informações históricas, o que traz aos líderes do setor, certa dificuldade nas tomadas de decisão. A falta de informações confiáveis de chão de fábrica acaba por não retratar a realidade dos processos. Realizar o monitoramento que forneça informações confiáveis e de forma rápida pode ser um grande diferencial para manter a competitividade da empresa (CAETANO et al., 1999).

Visando desenvolver um sistema que solucionasse o problema identificado, o time de inteligência de negócios propôs um projeto dividido em duas etapas, onde a primeira etapa trataria de desenvolver uma aplicação personalizada para o setor de produção, que realizasse a captação e armazenamento de todos os dados relacionados a linha de produção. Dados estes que posteriormente, na segunda etapa seriam estruturados e transformados em informação relevante para a tomada de decisão e controle das linhas de produção.

A primeira etapa do projeto foi realizada por uma uma empresa contratada, a qual desenvolveu um aplicativo, que com a utilização de um *tablet* por colaborador realiza a coleta dos dados gerados pelos processos de produção. Estes dados coletados são armazenados em um banco de dados gerenciado pela área de TI da empresa. Porém mesmo com todos os benefícios gerados pela implantação deste sistema, de modo a agilizar a digitalização dos dados da produção, ainda se demanda muito tempo dos gestores para a estruturação destes dados no processo de transformação e criação das visualizações para gerar informações relevantes.

A visualização é a apresentação gráfica da informação, com o objetivo de proporcionar ao espectador uma compreensão qualitativa dos conteúdos informativos. É também o processo de transformar objetos, conceitos e números em uma forma que é visível aos olhos humanos. Quando se diz informação, pode-se referir a dados, processos, relações ou conceitos (MATTHEW; GRINSTEIN; KEIM, 2010).

O desenvolvimento da visualização dos dados não se trata de entender individualmente os números, mas sobre compreender as relações que existem entre os grupos. Do ponto de vista do analista, envolve detecção, medição e comparação, atividades que são melhoradas por meio de técnicas interativas que fornecem a informação de diferentes formas e visões (PARSAYE; CHIGNELL, 1993).



3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos teóricos sobre as metodologias e principais ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto, como Sistemas de Suporte à Decisão, *Business Intelligence* (BI), *Data Warehouse* (DW), metodologias de desenvolvimento de um DW, Data Mart (DM), fundamentos de dados e informações, fundamentos de visualização de dados, ferramentas de mercado e indicadores.

3.1 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO

Também conhecidos por SAD, ou DSS (*Decision Support System*) visam proporcionar os insumos para que se torne possível a realização de uma avaliação crítica das informações dos negócios. Estes sistemas atendem às necessidades informacionais dos gerentes e analistas durante o processo de tomada de decisão, por meio da disponibilização das informações relacionadas aos processos de negócio da empresa através de processos analíticos (KIMBALL; ROSS, 2013).

Os primeiros SAD surgiram entre os anos 60 e 70, esses pioneiros eram muito caros, de uso específico e difíceis de operar. O grande problema na época era relacionado às bases de dados dos sistemas computacionais, que não possuíam a arquitetura necessária para a realização de pesquisas e análises para o gerenciamento dos negócios.

Somente nos anos 80, com o surgimento dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), é que se tornou possível realizar consultas e relatórios analíticos de forma mais prática, barata e rápida. Entretanto, os modelos de dados da época eram baseados na estrutura dos processos e não na estrutura dos negócios, o que facilitava o gerenciamento das atividades operacionais e dificultava o gerenciamento das atividades gerenciais.

Na década de 90, época onde as necessidades de mercado e progresso tecnológico convergiram possibilitando grandes mudanças na prática dos negócios (FISHER, 1998). O grande avanço tecnológico proporcionou queda no custo do armazenamento de dados, que

combinado ao avanço dos sistemas de informação e globalização informacional acabaram por promover o surgimento de ferramentas de gestão integrada da empresa (ERP), tecnologia OLAP (*Online Analytical Processing*), sistemas de Data Warehouse e Business Intelligence. Estas ferramentas associadas a metodologias de desenvolvimento, permitem realizar a aplicação de filtros, agregações e obtenção de relatórios em grandes volumes de dados, de diversas fontes, e de maneira rápida. Facilitando a apresentação da informação através de gráficos, animações e outros meios de visualização, permitindo o apoio a tomada de decisão e caracterizando um SAD (KIMBALL; ROSS, 2013).

3.2 BUSINESS INTELLIGENCE

De acordo com Aaker et al. (2009) o Business Intelligence ou Inteligência de Negócio é o processo através do qual os utilizadores obtêm dados precisos e consistentes a partir do ambiente de armazenamento de dados organizacionais (*data warehouses, data marts*). Os dados obtidos dos diversos contextos do negócio permitem aos usuários identificar, analisar, detectar tendências, gargalos e realizar previsões. Os sistemas e ferramentas de BI têm um papel fundamental no processo de planejamento estratégico das organizações. Estes sistemas permitem coletar, armazenar, transformar e analisar os dados transacionais da organização, de forma a apoiar e facilitar a tomada de decisão. Para Jourdan et al. (2008), em uma visão administrativa, BI é tanto um processo como um produto, que é usado para obter informações úteis para ajudar as organizações a sobreviver na economia mundial e prever o comportamento geral do ambiente de negócios.

Os principais objetivos do BI são permitir o acesso aos dados padronizados e unificados da organização facilitando sua manipulação, e fornecendo aos gestores a capacidade de realizar análises adequadas. Portanto sua definição está fortemente ligada ao processo de transformação de dados em informação, e de transformação de informação em conhecimento, servindo como base para o processo decisório (TURBAN et al., 2009).

A definição de Business Intelligence no apoio ao processo decisório está diretamente relacionada à hierarquia da Pirâmide do Conhecimento, que visa diferenciar dados, informação, conhecimento e sabedoria.

3.2.1 Pirâmide do Conhecimento

Também conhecida como hierarquia *Data-Information-Knowledge-Wisdom* (DIKW), foi proposta inicialmente por Ackoff (1989), que definiu as diferenças entre dados, informação, conhecimento, compreensão, inteligência e sabedoria, além de explorar alguns processos associados à transformação entre estes elementos. O autor parte de uma descrição onde cada um destes elementos é um componente da mente humana, e posteriormente trás algumas perspectivas destes elementos aplicados aos sistemas de informação. Ao longo dos anos, após ser refinada por diversos autores, atualmente esta hierarquia costuma ser apresentada com os quatro níveis apresentados na figura 5.

Figura 5: Pirâmide do Conhecimento.



Ackoff (1989), define cada um dos níveis da hierarquia da seguinte forma:

- Dados são os produtos de observação, e podem existir de forma utilizável ou não. São símbolos que representam as propriedades dos objetos, eventos e seu ambiente. Não tem qualquer significado ou valor pois são totalmente desprovidos de contexto e interpretação. É possível saber pouco a partir deles (ZELENY, 1987).
- Informação está presente em respostas que iniciam com palavras como "quem", "o quê", "quando" e "quantos". A diferença entre dados e informação se dá pela organização e atribuição de um contexto aos dados. Sistemas que geram, armazenam, recuperam e processam dados são capazes de produzir informação inferida a partir de dados. Informação pode ser útil, mas não necessariamente é.

- Conhecimento é construído com a coleta adequada de informação útil. Pode ser obtido por meio da transmissão de outro que o tem, ou adquirido através de experiência. Se torna possível a transformação das informações adquiridas em instruções.
- Sabedoria é capaz de aumentar a eficácia das ações de quem a possui, agrega valor mental e requer julgamento. É inerente ao ator, pois para obter sabedoria são aplicados valores éticos, o que a torna pessoal.

A metodologia de Business Intelligence, visa dar apoio no desenvolvimento das etapas da pirâmide, iniciando do nível mais baixo rumo ao topo. Para isso, são utilizados alguns componentes que tem o objetivo de auxiliar neste processo. Estes componentes são apresentados nas seções seguintes, e formam a arquitetura do sistema de Business Intelligence.

3.2.2 Arquitetura

De acordo com Kimball e Ross (2013), a arquitetura básica de um sistema de BI é composta pelos quatro componentes apresentados a seguir, e que podem ser analisados na figura 6.

Área de Área de Fontes de Data Warehouse Apresentação Estagiamento dados **CRM** Data Mart 1 Data Mart 2 SaaS ETL Data Mart 3 Excel Data Mart 4 0000 Cloud

Figura 6: Arquitetura de Business Intelligence.

Fontes de dados, são os sistemas de onde se originam os dados da empresa, podendo estar em diversos formatos (fontes heterogêneas) e lugares, trazendo a necessidade de integração entre elas.

O componente de *Extract, Transform, and Load* (ETL) também conhecido como Área de Estagiamento, consiste na integração e padronização dos dados vindos das diversas fontes de dados da empresa. Nesta etapa são eliminadas algumas inconsistências da base, tais como dados incompletos, valores nulos, e existência de registros irrelevantes para a análise.

O *Data Warehouse* (DW) ou Armazém de dados, é criado a partir do processo de ETL, e armazena os dados integrados e padronizados da organização, preparados para a consulta e exploração. O DW é composto por um ou mais subconjuntos lógicos, especializados em determinado assunto, de acordo com seu conteúdo. Esses subconjuntos são chamados de *Data Marts* (DM) (KIMBALL e ROSS, 2013).

Na Área de Apresentação, onde são construídas as visualizações dos indicadores e a exploração e análise das informações acontecem. Nesta etapa são utilizadas técnicas e

ferramentas de visualização e análise de dados sobre os dados disponibilizados pelo DW, a fim de gerar informação de suporte à tomada de decisões. Dentre as técnicas utilizadas se pode citar *Online Analytical Process* (OLAP).

3.3 FONTES DE DADOS

De acordo com (COSTA; SANTOS, 2012), o ambiente de fonte de dados comporta todas as origens dos dados que vão suportar o sistema. Refere-se ao local onde as empresas guardam seus registros operacionais, também conhecidos como dados de nível transacional.

No passado esses registros eram armazenados em arquivos de papel, porém atualmente com o avanço da tecnologia e dos sistemas de informação, grande parte dos dados operacionais das empresas ficam armazenados e são gerenciados pelas empresas que fornecem os SI's, conhecido como SaaS (*System as a Service*) este modelo faz com que os dados de nível transacional da empresa fiquem armazenados de maneira distribuída (heterogênea), geralmente em bancos de dados em nuvem.

3.3.1 Banco de dados

Em meados da década de 60, todos os processos que precisavam guardar dados, o faziam por meio da utilização de arquivos em papel. Porém, com o aumento da quantidade e complexidade dos processos desenvolvidos e dados que eram coletados, essa forma de armazenamento começou a se tornar insustentável, pois era necessário um grande número de pessoas para desenvolver os processos relacionados ao armazenamento, como arquivamento dos dados, manutenção e atualizações, além da necessidade de um grande espaço físico para armazenamento dos arquivos, fazendo com que se tornasse extremamente custoso.

Por esse motivo, se iniciaram pesquisas com o objetivo de investigar novas formas de armazenamento de dados, visando minimizar o custo, tornar este processo escalável e com maior eficiência. Na década de 70, Edgar Frank Codd pesquisador da IBM, apresentou um

estudo sobre bancos de dados relacionais, que permitia acessar os dados por meio de comandos que futuramente originaram a linguagem de busca chamada *Structured Query Language* (SQL) (GALASSI et al., 2013). Com o passar do tempo e avanço tecnológico, os bancos de dados se tornaram cada vez mais eficientes e seguros, de forma a tornar possível o compartilhamento de dados de um extremo a outro do planeta em segundos. Este avanço aliado ao grande consumo de informações tornou este sistema um ativo importante para as empresas. Atualmente é comum encontrar BD's com centenas de tabelas e milhões de registros relacionados.

De acordo com Silberchatz (2006), o conjunto de dados organizados em um repositório através de esquemas e tabelas, caracterizam um banco de dados, que pode ser acessado através da utilização de softwares conhecidos como Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Estes sistemas permitem ao usuário criar e manter um banco de dados funcionando, tornando fácil processos como definição, construção, manipulação e compartilhamento de dados entre vários usuários e aplicações. Além destas, os SGBD's apresentam benefícios como redução de redundância entre as tabelas armazenadas, eliminando grande parte do desperdício de armazenamento e aumentando a eficiência do BD, permite também evitar inconsistências, proporciona suporte a transações, garantindo que as transações de dados entre o banco e os usuários sejam realizadas, e sob a orientação apropriada do administrador, o SGBD pode definir restrições de segurança a serem verificadas sempre que houver tentativa de acesso.

Apesar de todas as vantagens apresentadas, muitas vezes esses recursos não são devidamente utilizados pelos projetistas do banco de dados, causando danos à qualidade dos dados armazenados no banco. Este tipo de problema pode ser resolvido, por muitas vezes, na etapa de ETL, onde os dados são transformados e padronizados visando possibilitar a análise dos mesmos.

3.4 EXTRAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E CARREGAMENTO

Segundo Kimball et. al. (1998), a etapa de ETL é caracterizada pelo conjunto de aplicativos e ferramentas que fazem a coleta de dados nos repositórios da organização, procedem com a limpeza e transformação para enfim carregar os dados no DW. Este processo é a principal etapa do processo de concepção de *Data Warehouses*, e o componente principal de qualquer projeto centrado em dados, podendo consumir até 70% do tempo de desenvolvimento do mesmo (TURBAN et al. 2009).

Para realizar a etapa de extração dos dados, é necessário que o desenvolvedor tenha conhecimento dos indicadores que serão analisados, de modo a permitir que os dados irrelevantes para a análise não sejam extraídos da fonte de dados, possibilitando que o processo de ETL seja mais eficiente e resulte em um DW mais compacto. Os indicadores são utilizados para mensurar aspectos quantitativos e qualitativos determinantes para o sucesso da organização, e servem como base de análise para o processo de tomada de decisão dos gestores. Tema que é abordado de maneira mais abrangente na seção 3.10.

De acordo com Turban et. al. (2009), os dados extraídos das fontes de dados transacionais são armazenados em uma base intermediária, também conhecida como área de estagiamento, onde os dados passam por transformações que consistem na padronização e correção de inconsistências, a fim de tornar os dados no formato correto para que sejam carregados no DW. Pode-se observar na figura 7 os componentes do processo de ETL, onde se nota que os dados podem ser extraídos de diversas fontes e carregados na área de estagiamento (fonte temporária de dados), onde ocorre a etapa de transformação e posteriormente o carregamento no DW e DM.

Fonte de dados temporária Aplicação Data pronta warehouse Sistema Carregar Extrair Transformar Limpar legado Data mart Outras aplicações internas

Figura 7: Componentes do processo de ETL.

Fonte: Turban et al. (2009)

3.5 DATA WAREHOUSE

O ambiente do DW ou Armazém de Dados comporta todo o conjunto de dados oriundos das diversas fontes de dados operacionais da organização, após estes serem tratados e padronizados na etapa de ETL, de forma a torná-los integrados e consolidados. Segundo Inmon (1995), este ambiente é definido como uma coleção de dados, orientada por assunto, integrada, variante no tempo e não volátil, para apoio ao gerenciamento dos processos e tomada de decisão.

Os gestores que têm a necessidade de se basear em informações inferidas por dados concisos e confiáveis, sobre operações atuais e históricas, acabam limitando suas análises por conta de um ambiente onde os dados dos diferentes silos da empresa são armazenados de maneira fragmentada através do uso de variados sistemas de informação, o que dificulta análises que abrangem toda a organização. Os bancos de dados operacionais são projetados para guardar apenas a última versão dos dados coletados pelos sistemas da informação

diariamente, por conta disso são chamados também de sistemas OLTP (*Online Transaction Process*), estes têm como objetivo o armazenamento eficiente e seguro das informações processuais da organização.

Com foco em solucionar este problema, o DW é projetado para dar suporte às decisões organizacionais, e por conta disso são conhecidos como sistemas OLAP (*Online Analytical Processing*), uma vez que, o Data Warehouse é um repositório com dados de interesse especial, preparado para dar suporte a aplicações de tomada de decisão (TURBAN et al., 2009), e possui as seguintes características:

- Integrado: Os dados referentes a todas as fontes operacionais da empresa devem ser unificados propositalmente, proporcionando uma visão única e abrangente;
- Orientado e organizado por assunto: Os dados padronizados devem ser organizados de maneira compartimentada, de acordo com as necessidades específicas dos usuários finais do sistema;
- Não volátil: Se permite apenas consulta por parte dos usuários;
- Dimensional ou Relacional: O modelo de armazenamento dos dados pode ser relacional ou dimensional, dependendo da necessidade da aplicação demandada;
- Temporal: Essa característica aborda um dos principais objetivos do DW, disponibilizar informações sob uma perspectiva histórica.

3.6 DATA MART

De acordo com a visão de (KIMBALL; ROSS, 2013), um DW é um conjunto construído pela união de *Data Marts* (DM), que se referem geralmente a uma única área ou único processo de negócio da empresa, integrados e padronizados através de uma arquitetura de barramento empresarial (*Enterprise DW Bus Architecture*).. Um DM é um Data Warehouse de menor capacidade e complexidade, usado para atender a uma unidade

específica de negócios. Portanto, são mais fáceis de construir e manter (KIMBALL; ROSS, 2002).

Segundo (INMON, 2005), o DM tem como principais características:

- Otimizado para acesso e análise;
- Departamental (uma única área);
- Nível Tático:
- Poucas Fontes de Dados;
- Pequenos estágios de implementação.

Nota-se que as diferenças entre um *Data Warehouse* e um *Data Mart*, relacionam-se ao escopo do problema que se deve resolver. Enquanto o desenvolvimento de um DW visa unificar uma grande quantidade de dados de diversas fontes da empresa, demandando bastante investimento e tempo para desenvolvimento, o DM tem como foco apenas um departamento, o que requer menos tempo e investimento para desenvolvimento.

3.7 MODELAGEM DIMENSIONAL

Além de proporcionar a organização dos dados de forma simples, agilizando o processo de busca das informações pelos softwares e aumentando a eficiência, a modelagem de dados dimensional objetiva proporcionar facilmente insumos para análises de cunho gerencial, por conta de ser baseada nas atividades de negócio.

O modelo dimensional, agiliza o processamento das consultas, permite uma melhor visualização dos dados devido à forma simples de organizá-los, e propicia mais flexibilidade para eventuais ajustes no modelo (KIMBALL; ROSS, 2002). Este modelo é estruturado após a análise dos dados que serão incorporados ao DW ou DM, nos sistemas transacionais. Sua estrutura deve ser projetada de forma a atender as características de um *Data Warehouse* que foram apresentadas no item 3.5.

A arquitetura mais utilizada neste modelo é o Esquema Estrela ou *Star Schema*, que tem como principal característica a alta redundância de dados. Característica esta que melhora a performance e desempenho do sistema (KIMBALL; ROSS, 2013).

O Esquema Estrela é dividido em três componentes, Tabela Fato e Tabelas de Dimensão e Medidas, sua estrutura básica pode ser analisada na figura 8.

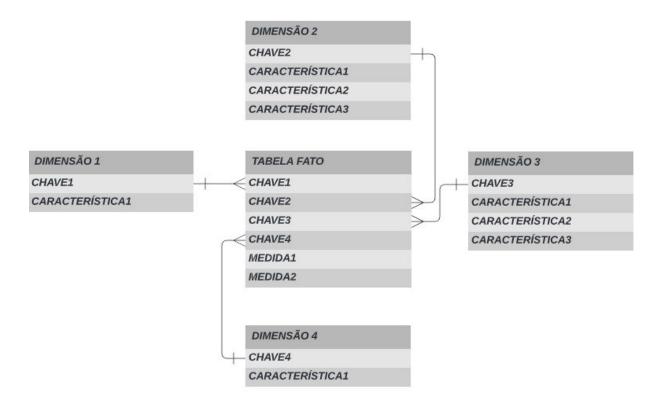


Figura 8: Modelo Esquema Estrela.

A tabela fato tem como função o armazenamento das medidas de desempenho resultantes de processos analíticos aplicados ao processo de negócio. O termo "Fato" faz referência ao fato que será analisado (KIMBALL; ROSS, 2013).

Esta tabela tem o objetivo de representar a evolução negócio por meio de medidas (valores numéricos) que variam ao longo do tempo. Nela estão contidas as Chaves Estrangeiras (Foreign Key), que são responsáveis por criar o relacionamento entre a tabela Fato e as

respectivas tabelas de Dimensão, quando todas as chaves na Fato se ligam de maneira correta às chaves primárias de cada Dimensão, se satisfaz a integridade referencial. Possibilitando assim o acesso a tabela fato a partir das tabelas de Dimensão associadas (KIMBALL;ROSS, 2013).

A tabela Dimensão contém as características relacionadas ao fato que será analisado, geralmente valores textuais que descrevem questões como "quem, o que, onde, por que" e determinam o contexto de um assunto do evento associado ao processo de negócio. Estas tabelas não devem passar por normalização, mantendo as redundâncias de informação que aumentam a eficiência das pesquisas, uma vez que a consulta se inicia nas dimensões que se conectam com a fato apenas por uma chave, sem percorrer todas as tabelas (KIMBALL; ROSS, 2013).

Medidas são os atributos numéricos determinados a partir das dimensões que representam o fato, tem o objetivo de descrever o desempenho no negócio a partir de um indicador criado pela junção entre a medida e as características presentes nas dimensões associadas (MACHADO, 2000).

3.8 VISUALIZAÇÃO

Para que as os dados armazenados no DW sejam transformados em informação, se faz necessária a utilização de ferramentas que possibilitem a conexão com o *Data Warehouse* e o desenvolvimento de visualizações ou formas de apresentação das informações, para que ocorra a análise dos gestores.

Para realizar este tipo de interação com o DW, destacam-se as ferramentas OLAP (Processo Analítico On-Line) (KIMBALL; ROSS, 2013). Estas ferramentas permitem a apresentação dos dados de maneira descritiva e em diferentes perspectivas, utilizando funcionalidades de razão, produto, agregação, entre outras (THOMSEN, 2002).

As ferramentas OLAP tem como objetivo permitir que os analistas de negócios realizem suas análises através das seguintes características principais (THOMSEN, 2020):

- Velocidade: Permitir que o processamento das consultas realizadas pelos usuários finais sejam realizadas rapidamente;
- Flexibilidade: O usuário final deve ter facilidade e liberdade para escolher as características e medidas necessárias para realizar as análises;
- Expressividade: A ferramenta deve disponibilizar uma linguagem de consulta com poder suficiente para permitir que o analista consiga extrair e analisar de diferentes formas os dados disponibilizados;
- Simplicidade: Deve prover maneiras de confecção de visualizações intuitivas;
- Poder de análise: Ferramentas OLAP devem providenciar um conjunto de operações de exploração de dados que permitam comparações complexas, agregações e análises de tendência com os dados disponibilizados no DW, e que descrevem o negócio.

3.9 FERRAMENTAS

Para desenvolver um SAD, se faz necessária a escolha e utilização de algumas ferramentas que permitem a implementação das metodologias apresentadas nos itens anteriores. Neste tópico serão apresentadas duas ferramentas que estão entre as mais utilizadas do mercado, e que são de grande relevância prática para este trabalho.

3.9.1 Power BI

O Power BI é uma coleção de serviços de software que permitem a análise e criação de visualizações a partir da conexão com diferentes DW ou DM, locais ou baseados na nuvem. De acordo com a (GARTNER, 2020) em seu relatório onde apresenta o quadrante mágico para plataformas analíticas e de Business Intelligence, que pode ser observado na figura 9, esta plataforma está entre as líderes do mercado à 13 anos consecutivos.

Microsoft Tableau MicroStrategy Looker TIBCO Software Qlik Salesforce Information Builders Pyramid Analytics **BOARD International** Logi Analytics Birst ABILITY TO EXECUTE As of January 2020 © Gartner, Inc COMPLETENESS OF VISION

Figura 9: Quadrante Mágico para plataformas Analíticas e de Business Intelligence.

Fonte: Gartner, 2020

Atualmente o Power BI, software da empresa Microsoft, tem mais de 200 mil usuários que analisam 40 petabytes de dados através da utilização das funcionalidades disponibilizadas pela plataforma (MICROSOFT, 2020).

Entre as principais características apresentadas estão:

- Capacidade de se conectar com as mais variadas fontes de dados;
- Permite a apresentação de dados em tempo real;
- Facilidade de uso;
- Baixo custo de implantação;
- Atualizações e aprimoramentos contínuos, baseados nas necessidades dos clientes;
- Funcionalidades que permitem a agregação de análises complexas.

Esta ferramenta consiste na união de três elementos que trabalham juntos (MICROSOFT, 2020). A figura 10 apresenta um comparativo entre as características de dois dos elementos citados abaixo:

- Aplicativo de desktop chamado Power BI Desktop: É instalado em um computador local, permite a conexão com diversas fontes de dados e criação de relatórios e análises de dados;
- Serviço SaaS online chamado de Serviço do Power BI: É um serviço na nuvem que permite o compartilhamento dos relatórios entre os colaboradores da empresa;
- Aplicativos móveis: Permitem a visualização dos relatórios em dispositivos móveis.

Figura 10: Comparativo entre os principais elementos do Power BI.



Fonte: Microsoft, 2020

3.9.2 Pentaho Data Integration

O PDI é um software de código aberto, que não apresenta custos de implementação e permite que as aplicações desenvolvidas na plataforma sejam utilizadas sem a necessidade de uma licença de usuário, fator muito relevante quando se visa trabalhar com grandes quantidades de dados, e diferentes fontes de dados.

Este software foi desenvolvido em 2004 pela Pentaho Corporation e posteriormente comprado pela Hitachi Vantara, empresa que o desenvolve atualmente. Permite a integração de grandes volumes de dados através de processos de ETL que possibilitam a padronização dos dados de diferentes fontes, e desenvolvimento de toda a etapa de construção de um DW ou DM (LENZERINI, 2002). As principais características desta ferramenta são (HITACHI, 2020):

- Ampla conectividade: Possibilita conectividade para praticamente qualquer fonte de dados em diversas tecnologias, como banco de dados locais, na nuvem, em arquivos, RDBMS, armazenamentos No SQL, Big Data, Salesforce ou Google Analytics.
- Fácil de usar: Permite o desenvolvimento através de uma aplicação drag-and-drop, permitindo a criação de Transformações e Jobs sem a necessidade de desenvolvimento em código.

3.10 INDICADORES DE DESEMPENHO

A fim de saber quais dados serão necessários para a implementação de uma solução de BI, o analista deve determinar junto com os Gestores quais serão as informações necessárias para que seja possível o acompanhar o desempenho dos processos, e do fato que será analisado.

Neste contexto que surgem os indicadores, originário do Latim *indicare*, que significa apontar, estimar, descobrir, anunciar. Um indicador de desempenho pode ser definido como expressões quantitativas que representam uma informação gerada a partir da medição de uma estrutura de produção, dos processos que a compõe e dos produtos resultantes (SOUZA et al., 1994). Os indicadores de desempenho são fortemente utilizados para motivar o progresso e o comprometimento dos colaboradores através das mudanças e projetos de melhoria implantados, além de auxiliar nas tomadas de decisão gerencial (NEELY, 1998)

A construção de um sistema de indicadores de desempenho para uma empresa, significa ter elementos que permitam o acompanhamento de questões de suma importância, como por exemplo eficiência no uso dos recursos, efetividade financeira, social, econômica ou eficácia no cumprimento de metas e objetivos. Um indicador deve atender, como algumas características principais, os seguintes tópicos (SEGNESTAM, 2002);

- Ser de fácil mensuração, baseado em informações facilmente disponíveis e de baixo custo;
- Ser significativo para a avaliação do sistema;
- Ter validade, objetividade e consistência;
- Ter coerência e ser sensível a mudanças de tempo no sistema;
- Ser centrado em aspectos claros, de fácil entendimento;
- Fornecer informações condensadas sobre vários aspectos do sistema;
- Permitir relação com outros indicadores, facilitando a integração entre eles.

3.10.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O OEE (Eficácia Geral do Equipamento) é um indicador que tem sido amplamente utilizado em indústrias de manufatura no diagnóstico de seu sistema produtivo e direcionamento das ações de melhoria contínua. Este indicador objetiva medir a utilização efetiva da capacidade dos equipamentos, exercendo uma função de controle gerencial ao fornecer informações referentes ao aproveitamento da capacidade produtiva (LJUNGBERG, 1998).

Por conta da simplicidade e clareza de sua conceituação, este indicador tem vasta utilização por proporcionar a análise dos problemas e possibilitar o tratamento da causa raiz, de modo a aumentar o aproveitamento da capacidade de produção, adicionalmente permite identificar distúrbios crônicos em equipamentos e com isso promover a melhoria do processo, e o aumento da vida útil do equipamento (BAMBER et al., 2003). As empresas, antes de desenvolver qualquer processo de melhoria, costumam ter o valor do OEE baixo (LJUNGBERG, 1998).

Este indicador serve também para realizar comparações dentro de uma planta industrial, a fim de ajudar a compreender diferenças entre linhas de produção (BAMBER et al., 2003).

O cálculo do OEE é desenvolvido a partir da identificação de seis tipos de perda, que são agrupados em três classes básicas, assim como está descrito na figura 11.

- 1. Perdas de disponibilidade.
 - 1.1. Paradas que provocam falha de equipamento.
 - 1.2. Paradas para setup ou ajustes.
- 2. Perdas de desempenho.
 - 2.1. Paradas ou interrupções que tem relação ao mau funcionamento do equipamento.
 - 2.2. Equipamento operando com tempo de ciclo maior do que o tempo padronizado.
- 3. Defeito e perdas de qualidade.
 - 3.1. Retrabalho ou defeitos de produção.
 - 3.2. Perdas de *start-up* ou devido a ajustes de equipamentos no início da produção.

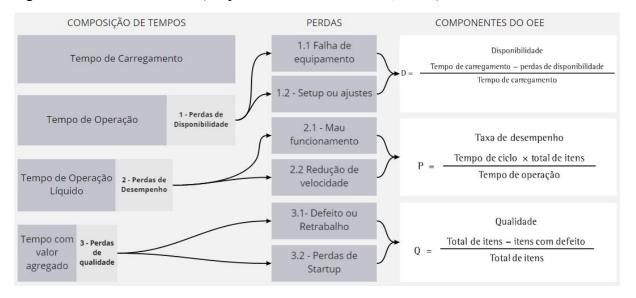


Figura 11: Estrutura do OEE (adaptada de BRAGLIA et al., 2009).

O OEE pode ser entendido como o resultado do tempo em que houve agregação de valor ao produto, descontando-se as perdas de Disponibilidade (D), Desempenho (P) e de

Qualidade (Q). Para seu cálculo final é adotada a equação (1), que leva em consideração as definições apresentadas na figura 11.

$$OEE = D \times P \times Q \tag{1}$$

As perdas consideradas pelo OEE são as comumente relacionadas à área de produção. Porém essa definição original pode não ser adequada a todas as empresas, podendo causar distorções por conta de limitações associadas aos tipos de perda que não representam a realidade dos processos (JEONG; PHILIPS, 2001). Portanto a forma de aplicação deste indicador está sujeita a ajustes dependendo do contexto da organização que irá implementá-lo.

As empresas têm a necessidade de adotar indicadores que melhor se enquadram a sua realidade, de forma a dar suporte ao processo de melhoria do aproveitamento de seus equipamentos. Algumas organizações utilizam formas alternativas de perda, como tempos de parada não programados, paradas programadas e testes de produto. Existe também a necessidade de caracterizar o objeto de medição como uma máquina, uma linha ou um conjunto de máquinas(JEONG; PHILIPS, 2001).

4 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

O presente trabalho pretende expor o desenvolvimento e implementação do projeto que objetiva solucionar os problemas relacionados à análise de dados para monitoramento do desempenho da área de produção da empresa em questão, apresentados anteriormente nos tópicos 1.2 e 2.2.

Em busca de solucionar as dificuldades relacionadas à análise dos dados obtidos dos processos envolvidos na área de produção da empresa, buscou-se compreender o problema e modelar uma solução viável, dentro das necessidades especificadas pelos gestores e usuários finais. Na figura 12 é apresentado um nível geral do modelo proposto, dando enfoque aos processos de negócio que são realizados na produção e como eles se comunicam com a solução de suporte à decisão proposta.

ANALISAR
DADOS DA
PRODUÇÃO

PROGRAMAR
PRODUÇÃO

PRODUZIR

CONTROLAR
PRODUÇÃO

Figura 12: Visão geral do modelo proposto.

Os processos de Planejar produção, Programar produção, Produzir e Controlar produção não serão detalhados em atividades pois não pertencem ao escopo deste projeto, que tem como objetivo detalhar as atividades relacionadas ao processo Analisar os dados da produção. Estes são apresentados neste modelo pois impactam, de forma a gerar dados, e são impactados pelas tomadas de decisão baseadas nas informações fornecidas pelo sistema a ser desenvolvido.

No processo Produzir, são desenvolvidas as atividades específicas de coleta de dados de produção baseadas em tecnologias como implantação de um sistema que realiza a identificação dos colaboradores, processos e apontamentos de produção, e equipamentos que permitem a eliminação de apontamento manual por parte dos colaboradores. Para isto, além da utilização de um sistema para a identificação do usuário e digitalização dos apontamentos, está prevista a utilização de leitores de código de barras para a coleta de dados.

O processo Planejar produção tem como objetivo planejar todas as atividades de produção necessárias para atender à previsão da demanda, realizada anteriormente pelos gestores em uma reunião mensal de *Forecast*, e também às necessidades mais imediatas relacionadas aos produtos que já estão em produção. Este processo deve prever insumos, datas e recursos, e para realizar estas previsões com qualidade , os *stakeholders* devem tomar decisões baseadas em dados que reflitam a realidade do chão de fábrica, se baseando em informações que serão disponibilizadas pelo sistema a ser desenvolvido. Neste processo as informações relacionadas a análises históricas de comportamento da produção por produto e de disponibilidade da capacidade de produção são de extrema importância. Também são importantes análises de indicadores como número de produtos com defeito ou falha de equipamento.

Depois de realizado o planejamento da produção, se inicia o processo Programar produção que consiste na tarefa de programar as atividades da produção, onde se aloca as ordens a recursos de produção. A informação trabalhada neste processo é o planejamento detalhado em ordens de produção, para todos os itens que serão produzidos. O programa de

produção deve ser detalhado em horas ou minutos. Este processo realiza algumas atividades que dependem dos dados coletados de funcionamento do chão de fábrica. A forma com que estes dados são coletados define a agilidade e qualidade na disponibilização dos mesmos para a análise dos *stakeholders*. Caso a coleta seja feita manualmente através de apontamentos, as informações passarão por um processo lento de digitalização e tratamento, gerando um atraso considerável para a disponibilização das informações referentes aos processos de produção. Caso os apontamentos sejam feitos de maneira automatizada, os dados podem ser tratados e disponibilizados em tempo real, aumentando a eficiência desta atividade. O objetivo da análise dos indicadores operacionais em tempo real é o de conhecer a situação atual dos processos e linhas de produção, a fim de identificar falhas e gargalos o mais rápido possível possibilitando a rápida implementação de ajustes e correções na programação da produção.

O processo Produzir corresponde ao desenvolvimento das operações de produção responsáveis pela transformação sucessiva dos insumos até a obtenção do produto acabado, que foi apresentada com mais detalhes no capítulo 2. Neste trabalho, se dá enfoque ao fluxo de informações, e não nas operações de produção. A execução deste processo gera dados referentes ao funcionamento do chão de fábrica, é realizado para cada produto e seu tempo corresponde a duração da operação. É importante que ocorra a captação de tempos, identificação dos processos operacionais, paradas, quantidades produzidas, defeitos, identificação dos colaboradores e eventos de início e término das atividades. Estes dados coletados são utilizados em diversas atividades, algumas apresentadas nesta seção do trabalho. Para que os dados possam ser processados em tempo real, a coleta deve ser feita de maneira automatizada, através de sensores e sistemas que realizam a leitura e armazenamento em um banco de dados. A solução proposta se relaciona com este processo de forma a apresentar informações operacionais da maneira mais rápida possível, para que os colaboradores e o planejador da operação realizem o monitoramento das atividades. O volume de dados coletados durante este processo tende a ser grande, trazendo a necessidade da utilização de um DW, permitindo a criação de consultas e relatórios de forma prática e rápida.

O processo de apontamento manual, através de relatórios preenchidos pelos colaboradores após o término das operações, trás problemas relacionados a falta de conhecimento dos eventos ocorridos durante a operação, além do grande atraso referente ao tempo demandado para a digitalização manual dos dados. Outro problema é relacionado a confiabilidade dos dados, uma vez que o colaborador depende de realizar a memorização dos mesmos para depois anotá-los, podendo gerar erros. Problemas que podem ser resolvidos com a utilização de sensores e automatização da coleta dos dados.

O processo de Controle de Produção tem o objetivo de acompanhar se a produção realizada está ocorrendo conforme o planejado. Esta avaliação ocorre pela comparação entre o que foi planejado nos processos de Planejamento e Programação e os dados que são coletados durante a produção no processo Produzir. O resultado do planejamento da produção é aquilo que idealmente deve ser realizado, porém na prática ocorrem eventos que impedem que o planejamento ocorra exatamente como se espera. A disponibilização das informações da produção de maneira rápida, permite que os colaboradores atuem ainda durante a realização dos processos nos problemas identificados, realizando o controle das atividades da produção. Quando o apontamento é realizado de maneira manual, conforme já descrito, não permite agilidade suficiente para que o controle seja realizado em tempos de resposta satisfatórios, causando grande defasagem e comprometendo o desempenho das operações.

O processo Analisar Dados da Produção compreende o resultado gerado pela solução proposta, detalhada neste trabalho. Apresentada na figura 13, é o desenvolvimento de um sistema de Business Intelligence que dê suporte à tomada de decisão dos gestores através da apresentação dos indicadores da área. Envolve a extração dos dados que foram captados nos processos de Planejamento da produção e Produzir, e armazenados em diferentes bases de dados. Envolve também o tratamento dos dados e modelagem do DM, de forma a padronizá-los de acordo com os processos de negócio, na etapa de ETL. E por fim a disponibilização de painéis com visualizações dos indicadores especificados, e que assim como foi apresentado neste capítulo, são analisados em várias atividades realizadas posteriormente e durante o período de operação da produção.

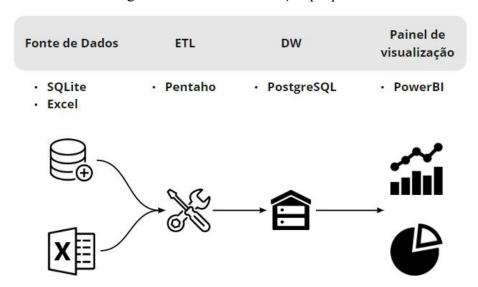


Figura 13: Modelo de solução proposta.

O modelo de solução proposta apresenta os processos que serão realizados pela solução de BI a ser desenvolvida, e as ferramentas utilizadas em cada etapa. A fonte de dados faz referência aos repositórios onde os dados obtidos durante os processos de planejamento e produção são armazenados. A etapa de ETL realiza a extração e tratamento destes dados e posteriormente o carregamento deles no DW através da ferramenta Pentaho, apresentada no tópico 3.9.2. O DW será acessado através do PostgreSQL e fornecerá os dados para a plataforma de visualização Power BI, onde serão desenvolvidos os relatórios com indicadores da produção que serão apresentados aos usuários finais responsáveis pelo gerenciamento da área. As etapas de implementação desta solução são apresentadas detalhadamente no capítulo 5, assim como a metodologia de desenvolvimento utilizada neste projeto.

O diagrama de atividades em UML, apresentado na figura 14, fornece uma visualização das atividades que serão realizadas pelos *stakeholders* para a obtenção das informações disponibilizadas pela solução sugerida.

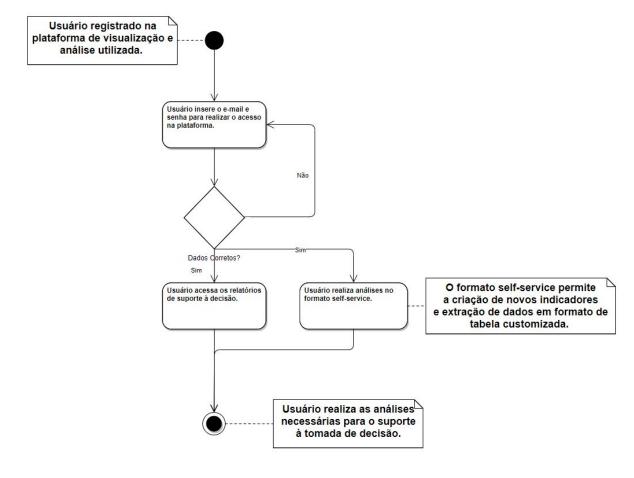


Figura 14: Diagrama de atividades.

Esta solução deve atender aos requisitos funcionais e não funcionais apresentados nos tópicos 4.1 e 4.2.

Requisito pode ser definido como "algo que o cliente/usuário necessita". No contexto de sistemas, requisito pode ser definido também como os fenômenos do ambiente que o software deve executar, funcionalidades capazes de resolver um problema ou atingir um objetivo, para satisfazer um contrato ou documento imposto informalmente, uma representação documentada de uma condição ou capacidade (ZANLORENCI et al,. 1998). Estes requisitos são classificados entre requisitos funcionais e não-funcionais.

4.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

Por requisitos funcionais, entendem-se as funcionalidade referentes ao negócio e domínio da aplicação que se queira desenvolver. São escritos pelo ponto de vista do usuário e expressos em linguagem natural. Os requisitos funcionais apresentados pelos gestores, e que devem estar presentes na solução a ser desenvolvida são os seguintes:

- Autenticação de usuário por meio de login;
- Realizar o cálculo do OEE;
- Realizar o cálculo do indicador de Performance;
- Realizar o cálculo do indicador de Qualidade;
- Calcular o indicador de Disponibilidade;
- Gerar relatórios dinâmicos:
- Conter filtro por ano, mês, dia, hora;
- Permitir filtragem por colaborador;
- Permitir filtragem por código de produto;
- Permitir exportar tabelas customizadas;
- Exibir relatório Gerencial com o OEE;
- Exibir relatório Operacional com indicadores de produtividade,
 paradas, defeitos e relacionados aos processos de cada linha;
- Deve permitir a navegação entre os diferentes relatórios mantendo o filtro de ano, dia, mês e hora;
- Apresentar a quantidade de produtos por linha de produção;
- Exibir gráfico relacionando a quantidade de produtos com a meta de quantidade de produtos;
- Exibir gráfico de produtividade individual dos colaboradores;

- Exibir gráfico de representatividade dos tipos de parada;
- Deve permitir criação de novos gráficos e análises pelo usuário final no formato Self-Service;
- Permitir análise de informações históricas.

4.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Requisitos não funcionais são as especificações técnicas de como melhor adequar a solução do problema para responder o cliente, ou implementar os requisitos funcionais. Os requisitos não funcionais necessários para o desenvolvimento da solução proposta são os seguintes:

- Aplicação deve se conectar com diferentes bases de dados;
- Deve disponibilizar as informações atualizadas de hora em hora durante o horário de trabalho;
- Deve permitir multiplataforma;
- Deve apresentar informações fidedignas à realidade dos processos;
- As informações apresentadas devem conter granularidade por hora;
- Manutenibilidade;
- Agilidade na renderização dos relatórios;
- Agilidade na aplicação dos filtros, drill-down, drill-up e no cálculo dos indicadores.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesta seção são apresentadas as partes do processo de concepção do sistema de BI, iniciando pela metodologia utilizada para desenvolvimento do projeto, e em seguida passando pelas partes de conexão com as fontes de dados, desenvolvimento do ETL e do DM, criação dos indicadores, relatórios finais e resultados obtidos com o sistema desenvolvido.

5.1 METODOLOGIA

Para obter um bom desempenho no desenvolvimento do projeto, desenvolveu-se uma estrutura metodológica adaptada aos processos da empresa, de forma que o andamento do projeto não interferisse negativamente nos processos dos setores envolvidos. A metodologia desenvolvida é composta por sete etapas, apresentadas em um fluxograma na figura 15, adaptadas da metodologia de desenvolvimento incremental de um Data Warehouse, proposta por Ralph Kimball (KIMBALL, 2002).



Figura 15: Fluxograma da metodologia de desenvolvimento aplicada.

Este modelo permite a utilização de abordagem incremental dependendo do que é acordado na definição do escopo do projeto, e também quando existe necessidade de se

desenvolver manutenções corretivas ou evolutivas, tema abordado detalhadamente na seção 5.1.7, onde durante seu desenvolvimento deve-se realizar todas as etapas da metodologia de desenvolvimento novamente, de maneira interativa e por vezes utilizando métodos ágeis para a execução de reuniões onde são apresentadas entregas pontuais.

5.1.1 Planejamento

Esta etapa tem como objetivo a definição dos requisitos funcionais, não funcionais, e escopo do projeto. De forma a estimar o tempo que será necessário para a realização de todos os processos que envolvem o desenvolvimento do projeto, desde o tempo utilizado para a compreensão dos indicadores até o tempo necessário para sua implementação e criação das visualizações para análise dos mesmos.

O planejamento ocorre por meio de reuniões onde o foco do analista é compreender os indicadores requisitados, e a viabilidade para desenvolvê-los através de cinco perguntas principais:

- 1. Quais são os indicadores?
- 2. O processo é estruturado?
- 3. Quais as fontes de dados que serão analisadas para o desenvolvimento dos indicadores?
- 4. As fontes de dados tem boa acessibilidade?
- 5. Existem impedimentos? Se sim, quais?

As reuniões nesta etapa tem como característica a entrevista ao gestor e usuários finais do sistema que será desenvolvido, tornando-os mais ativos durante a reunião, de forma a gerar a maior riqueza de detalhes relacionados aos dados possível. O objetivo nas reuniões desta etapa, é compreender quais as fontes de dados disponíveis, os tipos de dados, modelos e frequência de atualização das fontes, tornando possível a definição do escopo do projeto.

O escopo é a definição dos principais objetivos a serem alcançados com o desenvolvimento do projeto.

5.1.2 Entendimento dos Processos

Etapa onde o analista tem o objetivo de compreender os processos práticos e de negócio que envolvem o contexto do sistema que será desenvolvido, as principais características, gargalos e pontos de melhoria.

Esta etapa pode ocorrer por meio de reuniões com os gestores, onde se analisa o modelo dos processos, visitas ao chão de fábrica para compreender melhor os detalhes que envolvem a captação dos dados.

Em casos em que não há um modelo de processos documentado, é indicado que o analista realize a modelagem de dados junto ao gestor. Neste caso esta etapa acaba demandando mais tempo de desenvolvimento.

5.1.3 Análise das fontes de dados

Esta etapa tem como base a análise dos modelos relacionais, identificando o tipo dos dados (estruturado ou não estruturado) que são captados por cada fonte, e quais são as principais tabelas e chaves do modelo transacional. O entendimento dos dados e das fontes de dados tem grande importância por ser a base para os modelos que serão feitos posteriormente na etapa de preparação do DM ou DW.

A boa compreensão dos modelos e tipologia de dados define os processos que serão realizados para padronização das informações na etapa de ETL, mantendo a integridade e qualidade dos dados.

5.1.4 Preparação do DM ou DW

Esta etapa envolve a maior parte do desenvolvimento técnico e escolha de ferramentas utilizadas para a estruturação do DW onde serão armazenados os dados tratados. Toda a etapa de ETL dos dados e construção do *Data Warehouse* é realizada nesta etapa.

O processo de desenvolvimento do modelo dimensional, segue os seguintes passos descritos por Kimball (KIMBALL, 2002):

- Definir quais processos do negócio serão modelados, por meio da combinação do conhecimento dos dados disponíveis com o conhecimento do negócio, adquirido em etapas anteriores;
- 2. Definir o grão do processo que será analisado. O grão é o nível atômico dos dados que representarão os processos;
- 3. Definir as dimensões que serão aplicadas aos registros da tabela fato, de acordo com os indicadores que serão construídos;
- 4. Escolher os fatos mensuráveis ou métricas que irão popular a tabela fato.

5.1.5 Criação das Dashboards

Nesta etapa se realiza a escolha do software de visualização e análise de dados que será utilizado, forma de entrega das visualizações e construção dos indicadores. A escolha da ferramenta varia de acordo com os requisitos funcionais e não funcionais definidos anteriormente na etapa de Planejamento, volume de dados e frequência de atualização necessária para a apresentação dos indicadores, além das questões que envolvem os recursos disponíveis pela empresa para o desenvolvimento do projeto.

Todo o desenvolvimento dos indicadores é realizado na plataforma de visualização, desde a criação das medidas até o cálculo dos indicadores demandados.

5.1.6 Divulgação

No processo de divulgação da solução se deve levar em consideração pontos como períodos de atualização do DW, *Dashboards*, Relatórios, e definição junto aos gestores da melhor maneira de divulgar as informações.

5.1.7 Manutenção

A etapa de Manutenção é caracterizada pela modificação do sistema de BI já entregue aos clientes (gestores e usuários finais). A manutenção do sistema de BI é todo o procedimento que visa prevenir o surgimento de possíveis defeitos relacionados à alterações de tipos de dados, alteração na fonte dos dados ou mudanças nos processos de negócio. Também pode ser definida como alterações que tem por objetivo a melhoria do desempenho do sistema, correção de falhas ou adequação a novos padrões ou modificações. Os três tipos de manutenção são apresentados a seguir (LIENTZ et al, 1980):

- Adaptativa: Consiste na adaptação do sistema a novas tecnologia ou a atualizações dos softwares utilizados no desenvolvimento da estrutura de funcionamento, como no software de visualização ou no DW;
- Evolutiva: Quando existe a necessidade de agregar novas funcionalidades ao sistema que já foi desenvolvido;
- Corretiva: Tem por objetivo corrigir erros do programa, geralmente descobertos pelos usuários finais da solução.

5.2 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção são apresentados os processos desenvolvidos durante a implementação da solução proposta, que tem como objetivo disponibilizar os requisitos apresentados no capítulo 4. O projeto iniciou pela etapa de planejamento, e seguiu o fluxo metodológico apresentado na seção 5.1.

5.2.1 Planejamento

Esta etapa foi desenvolvida através de algumas reuniões com o gestor da produção e o colaborador responsável por realizar a programação e controle da produção. O objetivo do analista de dados neste momento, é o de compreender os requisitos funcionais e não funcionais de forma a entrar em um acordo quanto ao escopo do projeto que será desenvolvido, junto aos *stakeholders*.

Nesta etapa foram respondidas cinco questões que dão apoio ao desenvolvimento do escopo do projeto. A primeira pergunta visa entender quantos e quais são os indicadores requisitados.

O principal indicador descrito foi o OEE (Eficácia Geral do Equipamento), que é descrito detalhadamente na seção 3.10.1 e corresponde ao nível tático da pirâmide organizacional apresentada na figura 16. Além deste, também foram apresentados indicadores de nível operacional, como quantidade de produtos produzidos por linha de produção, quantidade de produtos com defeitos, tempo médio das paradas e produtividade dos colaboradores.

Os indicadores de nível gerencial devem fornecer uma visão geral do desempenho da área, possibilitando análises que auxiliem à tomada de decisão de médio prazo, neste caso possibilitando avaliar o desempenho da área da produção assim como a capacidade produtiva da área. Já os indicadores de nível operacional, tem a finalidade de proporcionar uma visão por atividades desenvolvidas durante o processo de produção, e proporciona análises de curto

prazo. Neste caso os indicadores de nível operacional são utilizados para o monitoramento e controle da produção.



Figura 16: Pirâmide organizacional.

A segunda pergunta é relacionada aos processos realizados na produção, se os mesmos são estruturados e se existe um modelo dos processos que facilite a compreensão dos processos práticos e de negócio da produção, na etapa de Entendimento dos processos, pelo analista de dados que desenvolverá a solução proposta. A resposta para esta pergunta foi positiva, por se tratarem de processos de produção eles são estruturados, e foram analisados durante o desenvolvimento da próxima etapa do projeto, que é apresentada na seção seguinte.

A terceira pergunta visa compreender quais fontes de dados serão analisadas para que seja possível desenvolver os indicadores requisitados. O sistema desenvolvido para realizar a captação dos dados da produção, os armazena em um banco de dados desenvolvido com a biblioteca SQLite, que implementa um banco de dados SQL embutido, e que foi alocado em um servidor local gerenciado pela empresa onde o projeto foi desenvolvido. Além desta fonte de dados, também precisaríamos desenvolver outra, implementada em tabelas do Excel que visam fornecer o tempo necessário para a produção de cada unidade de produto que foi desenvolvido no processo de programação da produção. Ambas as fontes de dados tem boa

acessibilidade, não havendo a necessidade de grandes esforços de implementação de API para a obtenção dos dados, informações que respondem a pergunta 4.

A quinta pergunta tem por objetivo compreender quais são os impedimentos e limitações para que a solução a ser implementada alcance os resultados desejados. A implementação do sistema para a captação dos dados da produção foi realizada com a utilização de tablets que facilitam a execução dos apontamentos pelos colaboradores, porém não foram implementados dispositivos de leitura de código de barras, o que interfere diretamente na qualidade dos dados que são obtidos, fazendo com que, em alguns casos, os dados armazenados não representem a realidade do chão de fábrica, podendo interferir diretamente nos indicadores que serão desenvolvidos.

Com estas informações, se determinou o escopo do projeto, onde acordou-se que o projeto seria desenvolvido em um período de 3 meses, onde ocorreram reuniões semanais de alinhamento com os *stakeholders*.

Nesta etapa também foram definidas, junto ao gestor, quais ferramentas seriam utilizadas para a implementação do sistema de BI proposto. Como uma das premissas do projeto era utilizar uma estrutura enxuta, optou-se por implementar a solução com as ferramentas já utilizadas pelo time de BI, sem apresentar custos adicionais. Estas ferramentas são:

- Pentaho Data Integration (PDI): Para implementação do processo de ETL;
- PostgreSQL: Proporciona o gerenciamento do DW;
- Power BI: Software de análise e visualização de dados.

A utilização do PowerBI com a licença Premium utilizada trouxe algumas limitações ao escopo do projeto, onde o requisito de atualização dos dados em tempo real, proposto pelo gestor inicialmente, teve que ser alterado para atualizações de hora em hora durante o período de trabalho, por conta da capacidade fornecida pelo software.

5.2.2 Entendimento dos processos

Para obter um melhor entendimento de como funcionam os processos de produção, realizamos uma visita ao chão de fábrica e também desenvolvemos ajustes e atualizações no modelo dos processos em BPMN, que teve algumas partes específicas apresentadas na seção 2.1 deste trabalho. Com o objetivo de compreender como e em quais etapas dos processos estavam sendo coletados os dados, e como estes dados se relacionam.

O sistema de captação dos dados implantado, proporciona a utilização de um tablet por cada colaborador que está trabalhando, facilitando a realização dos apontamentos independentemente da linha em que o colaborador está, ou do processo que está sendo desenvolvido. Portanto os apontamentos são realizados em todos os processos e linhas presentes na produção e descritos na seção 2. Este sistema facilita também o apontamento das paradas planejadas e não planejadas, pois todas as possibilidades de apontamento estão centralizadas na mesma aplicação presente no tablet.

5.2.3 Análise das fontes de dados

O banco de dados que armazena os dados captados do chão de fábrica, apresenta um modelo relacional que pode ser analisado na figura 17. Nesta etapa, se analisou este modelo de dados relacional composto por dados estruturados, onde nota-se que existem quatro tabelas principais que relacionadas geram informações sobre todo o processo de produção desenvolvido no chão de fábrica. Existe uma tabela principal chamada web_cianet_producao onde cada linha representa um processo de produção realizado, e as informações referentes a cada processo são entidades (colunas) da tabela. Dentre essas informações encontram-se a data de início do processo (init_data), data de término do processo (finish_data), nome do produto (name), quantidade do produto produzido no processo (quantity), número de série inicial e final presentes em cada lote de produto produzido, id do usuário/colaborador

(user_id) responsável pelo processo, número do pedido (pedido) e a linha de produção (line) em que o processo foi realizado.

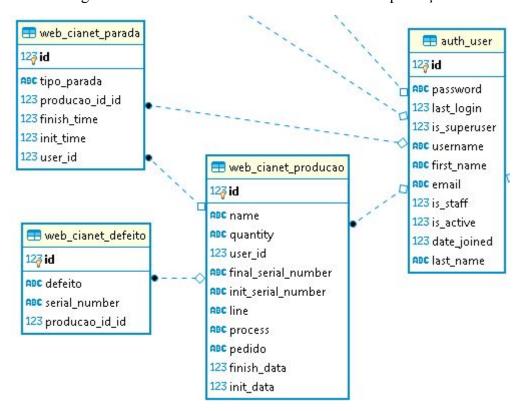


Figura 17: Modelo relacional da base de dados da produção.

Na tabela *auth_user* encontram-se as informações dos colaboradores que se relacionam com a tabela *web_cianet_produção* através do id de usuário. A tabela *web_cianet_parada* armazena todas as informações referentes às paradas planejadas (almoço e café) e não planejadas (banheiro, reuniões, etc.) com seus respectivos tempos de início, fim e processo de produção que estava em andamento no momento da parada. Em todos os processos existe a possibilidade encontrar defeitos nos produtos, as informações referentes a

estes defeitos são armazenadas na tabela *web_cianet_defeito*, que se liga aos processos através do número de identificação *producao id id*.

A segunda fonte de dados analisada é uma tabela no formato .xlsx que contém as informações de tempo de processo por SKU (Stock Keeping Unit), código de produto utilizado para a identificação do produto em todas as áreas da empresa, e que pode ser visualizada na figura 18. Esta base de dados armazena informações de tempo de processamento de cada unidade de produto em cada processo de produção que ele passa, informações que são obtidas durante o processo de programação da produção. A padronização e integração dos dados disponibilizados em cada uma das bases será apresentado na próxima seção, onde são descritos os processos para o desenvolvimento do ETL.

D Tempo Unidade Produto empo Caixa Tempo Min Cx Tempo Min Unidade Qty Box CHAVE Tempo Unidade Seg 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 ONU GB01 BRA ONU GB01 BRA GRAVACAO 2019 11 GRAVACAO 00:43:12 00:01:05 43 65 ONU GB01 BRA MONTAGEN 00:44:15 00:01:06 40 ONU GB01 BRA MONTAGEM 23 2019 11 ONU GB01 BRA **EMBALAGEM** 00:23:15 00:00:35 40 ONU GB01 BRA EMBALAGEM 35 ONU GB01 BRA MK FIXAR VISOR 00:00:35 23 2019 11 00:23:15 ONU GB01 BRA MK 2019 11 ONU GB01 BRA 04:52:08 00:00:28 292 626 ONU GB01 BRA FIXAR VISOR 28 11 ONU GB01 BRA I.F GRAVACAO 00:06:21 00:01:35 ONU GB01 BRA I.F 43 ONU EB01 BRA GRAVAÇÃO 2019 11 ONU EB01 BRA 00:43:12 00:01:05 40 65 ONU EB01 BRA 2019 11 MONTAGEM 00:44:15 00:01:06 44 ONU EB01 BRA MONTAGEM 23 2019 11 ONU EB01 BRA **EMBALAGEM** 00:23:15 00:00:35 40 ONU EB01 BRA EMBALAGEM 35 35 ONU EB01 BRA 00:00:35 23 00:23:15 ONU EB01 BRA MK FIXAR VISOR 2019 11 ONU EB01 BRA 04:58:23 00:00:29 298 626 ONU EB01 BRA FIXAR VISOR 29 11 ONU EB01 BRA 00:06:21 00:01:35 6 17 ONU EB01 BRA I.F TESTE 2019 11 ONU GB01 00:17:22 00:00:26 ONU GB01 TESTE 26 11 ONU GB01 EMBALAGEN ONU GB01 EMBALAGEM 2019 11 ONU EB01 TESTE 00:16:00 00:00:24 16 40 ONU EB01 TESTE 24 11 ONU EB01 EMBALAGEM 00:00:13 ONU EB01 EMBALAGEM 13 2019 11 ONU GW24AC TESTE 00:24:17 00:01:13 24 20 ONU GW24AC TESTE 73 ONU GW24AC ONU GW24AC I.F EMBALAGEM ONU GW24AC EMBALAGEM 2019 11 ONU GW24AC 00:12:09 00:00:36 12

Figura 18: Base de dados de programação da produção.

5.2.4 Preparação do DM

Nesta etapa, se iniciou o desenvolvimento do DM respondendo 4 questões iniciais para criar o modelo dimensional referente ao processo a ser analisado. O processo modelado de forma a tornar fácil a criação de análises de negócio e relatórios é o da produção, utilizando os dados de apontamento armazenados no banco de dados apresentado na seção anterior, e que descrevem a realidade dos processos de chão de fábrica.

O modelo desenvolvido apresenta informações de granularidade em nível de segundo, possibilitando que as análises realizadas tenham grande capacidade de responder a qualquer questão, devido ao baixo nível de granularidade que proporciona alto detalhamento de informações.

De acordo com os indicadores que foram acordados com os *stakeholders* na etapa de Planejamento, e que são apresentados na seção 4, foram definidas as dimensões necessárias para fornecer todos os dados utilizados nos cálculos e medidas que compõem os indicadores finais. O modelo do diagrama estrela a ser desenvolvido pode ser visualizado na figura 19.

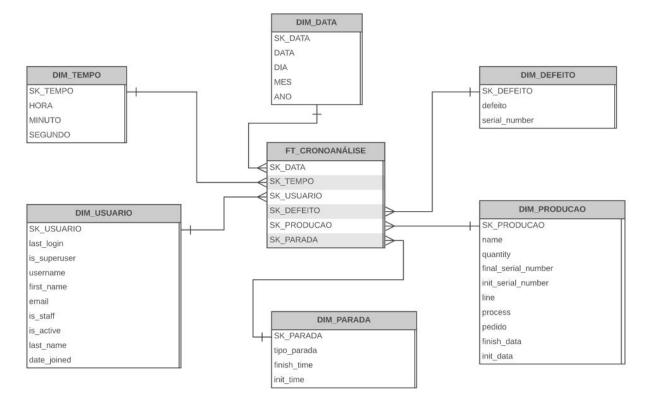


Figura 19: Modelo estrela dos processos da produção.

O fato que rege todas as análises e apontamentos realizados na produção é o tempo, os apontamentos tem a função de cronometrar cada atividade realizada nos processos de produção. Cronometria é o cálculo, o ato mecânico de se chegar ao tempo padrão. Cronoanálise é a tabulação, é a arte de utilização do tempo padrão, visando a melhoria no

método de trabalho (TOLEDO JR, 1977). Por conta de todos os indicadores e análises serem resultados de processos analiticos utilizando os dados de tempo de produção, chegamos a tabela fato de cronoanálise. Esta tabela fato se liga a seis dimensões, que trazem informações que dão contexto aos indicadores calculados.

A dimensão *DIM_DATA* tem o objetivo de fornecer informações relacionadas ao calendário, como dia, mês e ano. Para as informações de tempo, optou-se por criar uma dimensão separada da tabela de calendário, por conta da baixa granularidade de dados que acabaria por tornar a tabela de data extremamente grande, portanto o tempo em hora, minuto e segundo é representado pela tabela *DIM_TEMPO*. Os dados relacionados ao colaborador/usuário responsável pelos apontamentos, e que são relevantes para os indicadores que se pretende obter, são fornecidos pela *DIM_USUÁRIO*. A *DIM_PARADA* apresenta todas as características relacionadas aos tipos de parada que ocorrem durante os processos de produção. A dimensão relacionada aos processos de produção, e que apresentam as informações de tempo de produção é a *DIM_PRODUCAO*, e por fim a dimensão que apresenta as características relacionadas aos defeitos encontrados nos produtos durante os processos de produção, *DIM_DEFEITO*.

Com o modelo do esquema a ser desenvolvido em mãos, se iniciou o processo de ETL utilizando a ferramenta Pentaho Data Integration (PDI), apresentada na seção 3.9.2. Esta ferramenta permite a realização da conexão com várias bases de dados através de diversos padrões de conexão, para realizar a conexão com a base de dados relacional da produção desenvolvida em SQLite, se utilizou o padrão JDBC (*Java Database Connectivity*), apresentada na figura 20, onde são colocados na ferramenta os dados necessários para que se concretize a conexão, *Host Name, Database Name, Port Number, Username e Password.* Tendo a conexão estabelecida com sucesso, os dados podem ser extraídos da base de dados.

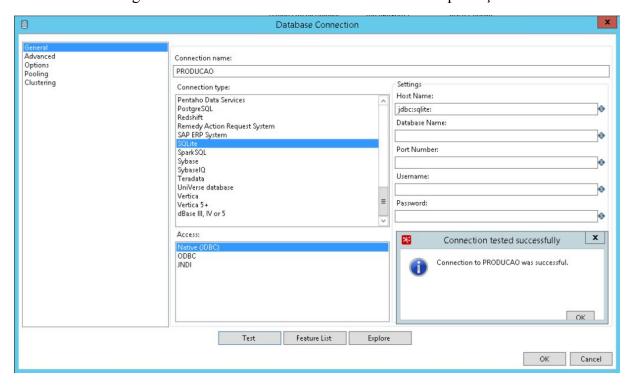
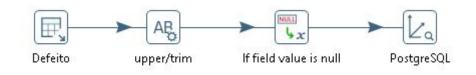


Figura 20: Conexão JDBC com a base de dados da produção.

O PDI permite o desenvolvimento das transformações de dados através da funcionalidade chamada *Transformation*, e permite também a criação de rotinas utilizando as transformações que foram desenvolvidas, apresentadas como *Jobs*.

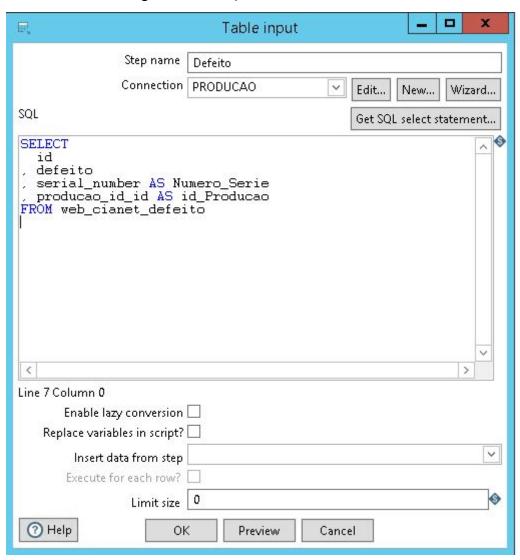
O desenvolvimento da extração, transformação e carga dos dados que vão popular as dimensões e tabela fato do esquema estrela, foram desenvolvidos em *Transformations*, assim como transformação da *DIM DEFEITO* apresentado na figura 21.

Figura 21: ETL responsável pela alimentação dos dados da DIM_DEFEITO.



O bloco Defeito é responsável por realizar a operação de extração dos dados relacionados aos defeitos, como se pode visualizar na figura 22.

Figura 22: Extração dos dados de Defeito.



Esta operação garante que toda vez que a transformação for executada, a *query* responsável por realizar a busca dos dados importantes para a dimensão *DIM_DEFEITO*, faça a extração dos dados. Os dados extraídos passam por duas etapas de transformação, a primeira no bloco *upper/trim*, figura 23, que realiza operações que tornam todos os dados do tipo String presentes na coluna defeito no formato maiúsculo e sem espaçamentos no início e no final da String, a fim de padronizar os dados e evitar erros relacionados ao formato dos dados.

- 1 X AB, String operations Step name upper/trim The fields to process: Pad Length InitC In stream field Out stream field Trim type Lower/Upper Padding Pad char defeito both upper none N < ш > ? Help OK Get fields Cancel

Figura 23: Primeira etapa de transformação dos dados da DIM DEFEITO.

A segunda etapa de transformação realizada com os dados relacionados aos produtos com defeito identificados durante os processos de produção, tem o objetivo de substituir os valores nulos por dados que não interfiram nos cálculos que serão desenvolvidos, e que informem ao usuário final de que não haviam informações em determinada situação. Portanto, se utilizou o bloco de transformação *if field value is null* (se o valor do campo for nulo), que identifica se o valor dos campos são nulos e realiza a substituição do campo nulo pelo valor

NI (Não Identificado) em casos de dados do tipo String e 0 em dados de tipo numérico. Esta transformação é apresentada na figura 24.

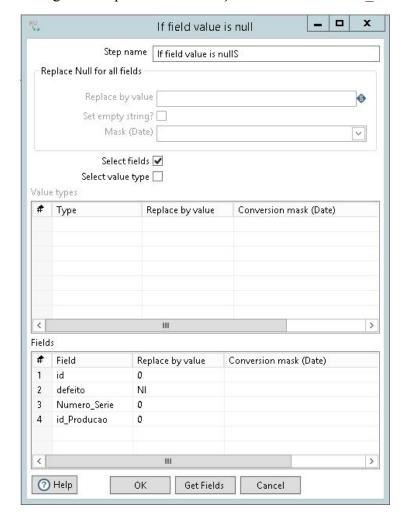


Figura 24: Segunda etapa de transformação dos dados da DIM DEFEITO.

O bloco de nome *PostgreSQL*, figura 25, é nomeado pelo PDI como *Dimension lookup/update* e é o bloco de transformação responsável por realizar o carregamento dos dados na respectiva dimensão do DM no *Data Warehouse*. Este bloco também cria uma chave substituta sequencial, que é utilizada posteriormente para conectar a dimensão com a tabela fato. A criação da *Surrogate Key (sk)* ou chave substituta, é necessária pois é parte essencial

na criação do modelo dimensional em esquema estrela, garantindo o posterior bom desempenho analítico do modelo de dados.

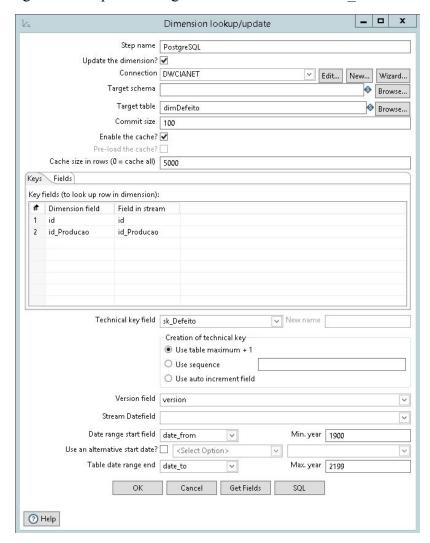


Figura 25: Etapa de carregamento dos dados na DIM DEFEITO.

Com o carregamento dos dados na dimensão temos o término do processo de ETL relacionado ao desenvolvimento da dimensão. As dimensões de Parada, Produção, Usuário, Data e Hora têm processos de ETL similares ao da dimensão Defeito, tendo como diferença os processos da etapa de transformação, que variam de acordo com cada tipo de dado

extraído, e também com as adequações necessárias para que se obtenha o resultado final desejado em cada dimensão.

A tabela fato foi desenvolvida a partir da extração dos dados das dimensões criadas, relacionadas utilizando as chaves do modelo relacional/transacional, que aparecem na figura 17, e dão o contexto ao fato que será analisado. Na figura 26, podemos observar a transformação completa para obtenção da tabela fato.

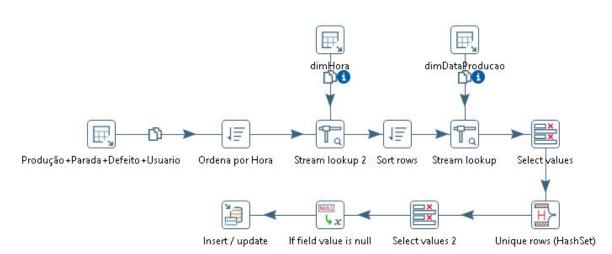


Figura 26: ETL da tabela fato.

O bloco responsável pela extração dos dados das dimensões é o *Table Input*, e neste caso foi utilizado em 3 momentos. No bloco *Produção+Parada+Defeito+Usuario*, apresentado na figura 27, se executa um código em SQL que realiza a busca das informações destas 4 dimensões já relacionadas pelas chaves transacionais, e que posteriormente são integradas com as dimensões de Hora e Data com a utilização dos blocos *Stream Lookup*. Ao final desta ETL a tabela falo é carregada com as chaves sequenciais substitutas (sk) criadas em cada dimensão, desenvolvendo uma relação entre a tabela fato e as dimensões onde cada linha de cada dimensão pode se relacionar com uma ou mais linhas da tabela fato, de forma a descrever cada evento ocorrido no chão de fábrica.

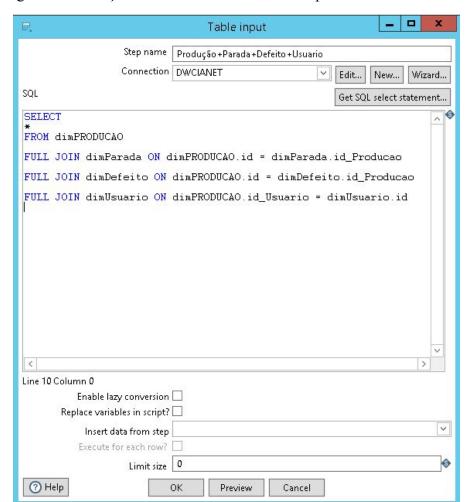


Figura 27: Extração das dimensões relacionadas pela chave transacional.

Com as dimensões e fato criadas, se obteve o esquema estrela que modela os dados deste DM e que pode ser visualizado na figura 28.

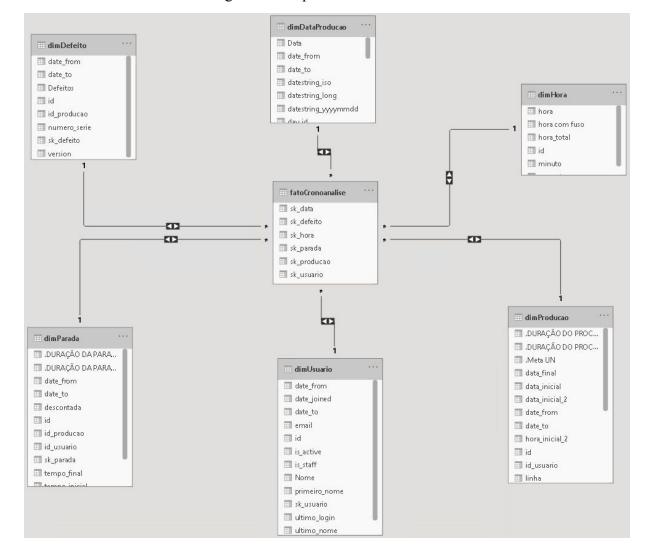


Figura 28: Esquema Estrela obtido.

Para que o processo de ETL realize a atualização dos dados de maneira correta, respeitando a sequência de transformações, de forma a atender o período de atualização que foi requisitado e não gerar erros relacionados a atualização dos dados. Se utilizou a funcionalidade de *Job*, apresentada na figura 29, e que executa as transformações de acordo com uma ordem de prioridade padrão, que obedece a ordem em que as transformações foram criadas na *Job*. Sabendo desta funcionalidade, as transformações foram criadas obedecendo a sequência de atualização das dimensões e tabela fato desenvolvidas, que inicia pela execução da dimensão de usuário (*dimUsuario*) e finaliza com a *fatoCronoanálise*.

dimParada
dimPefeito
Success
fatoCronoanálise

Figura 29: Job para atualização da ETL.

Para realizar a atualização dos dados, utilizou-se os recursos do servidor de programação de tarefas (*Task Scheduler*), o qual inicia a tarefa responsável por executar a *Job* de hora em hora, das 8h às 18h.

Com o processo de ETL construído e funcionando, se deu início a etapa de criação das dashboards e indicadores no software de visualização e análise de dados.

5.2.5 Criação das Dashboards

Esta etapa iniciou com a conexão entre o Data Warehouse que contém as dimensões e fato criadas na etapa anterior, com o software de visualização escolhido. Assim como foi descrito na etapa de Planejamento, o software escolhido foi o Power BI que foi abordado com mais detalhes na seção 3.9.1.

A conexão com o Power BI Desktop tem o objetivo de permitir que o sistema tenha acesso aos dados do DW, criando um ambiente que permite a rápida busca de informações no DM criado na etapa anterior. Na figura 30, se pode observar os dados da dimensão Defeito já dentro do Power BI, que permite a visualização das primeiras 1000 linhas da tabela neste formato.

₹ 123 version Válidos 100% Válidos Válidos Válidos Válidos 99% Válidos 100% 99% ErroVazio ErroVazio • Frro 0% • Frrn 0% • Frro 0% • Frro null null nu11 nu11 100 LINK 34 35 100 LINK 36 100 LINK 37 100 LINK 0 100 LINK 0 38 39 184 POTENCIA 1756 40 192 POTENCIA 0497 41 192 POTENCIA 0507 42 200 POTENCIA 1029 413 POTENCIA 43 16610 11 44 457 VISOR DESFOCADO 16880 12 45 471 VISOR DESFOCADO 16709 486 SEM COMUNICACAO COM FIBRA E ETHERNET. OBS: SO .. 13 015421 46 486 SEM COMUNICAÇÃO COM FIBRA E ETHERNET, OBS: SO ... 015433 14 47 15 48 490 SEM COMUNICACAO COM FIBRA E ETHERNET. OBS: SO ... 015392 16 49 495 POTENCIA -31 17 50 514 SEM COMUNICAÇÃO COM FIBRA E ETHERNET. OBS: SO ... 016040 F1 514 SEM COMUNICACAO COM FIRDA E ETHEDNET ORS: SO

Figura 30: Dimensão Defeito no Power BI Desktop.

Com a conexão estabelecida, se iniciou o desenvolvimento dos indicadores e visualizações. Começando pelo indicador OEE, apresentado em mais detalhes na seção 3.10.1. Neste trabalho os cálculos do OEE foram adaptados à realidade da área de Produção da organização, embora seja baseado no indicador apresentado anteriormente.

Para validar as regras de cálculo dos indicadores, além de realizar algumas reuniões semanais com o colaborador responsável pela programação e controle da produção, utilizamos uma planilha onde os cálculos eram realizados com os dados de apontamento manual. a qual alimentamos com os dados de apontamento automatizado presentes na base, e comparamos os resultados.

Foi necessário realizar o cálculo de indicadores de Disponibilidade, Qualidade e Desempenho , que neste trabalho chamaremos de Produtividade, para desenvolver o cálculo do OEE em linguagem DAX apresentado na figura 31.

```
.% OEE = [.% Disponibilidade] * [.% Qualidade] * [.% Produtividade]
```

A Disponibilidade, apresentada na figura 32, é o resultado de uma divisão entre as Horas Trabalhadas e as Horas Disponíveis. O resultado do cálculo Horas Trabalhadas é o tempo de operação e Horas Disponíveis é referente ao tempo disponível para operar que é resultado de alguns cálculos realizados com os valores de apontamento.

Figura 32: Cálculo da Disponibilidade.

% Disponibilidade = [.Horas Trabalhadas SEG (Disponibilidade)]/[.Horas Disponíveis]

O cálculo da Produtividade, apresentado na figura 33, é a divisão entre a soma dos dados de quantidade de produtos produzidos e a meta de quantidade de produtos em determinado período de análise. A estrutura criada na etapa de ETL permite que estes indicadores variem de acordo com os filtros aplicados com as características presentes nas dimensões tornando o relatório dinâmico, como por exemplo, aplicando um filtro de data, podemos visualizar os indicadores de produtividade e disponibilidade de acordo com o período filtrado ou em outros casos de acordo com o colaborador filtrado a partir da dimensão de usuário.

Figura 33: Cálculo da Produtividade.

.% Produtividade = IFERROR(SUM(dimProducao[Quantidade])/SUM(dimProducao[.Meta UN]),BLANK())

Para calcular o indicador Qualidade, apresentado na figura 34, realiza-se a divisão entre a diferença da soma da quantidade produzida e a soma da quantidade com defeito pela quantidade produzida.

Figura 34: Cálculo da Qualidade.

```
.% Qualidade =
IFERROR((SUM(dimProducao[Quantidade])-[.QTD DEFEITO])/SUM(dimProducao[Quantidade]),BLANK())
```

As visualizações dos indicadores de Qualidade, Disponibilidade, Produtividade e do próprio OEE foram criada em um relatório Gerencial, de acordo com o que foi requisitado, e podem ser visualizadas na figura 35.



Figura 35: Visualização do relatório Gerencial com o OEE.

Além destes indicadores de nível Gerencial, foram desenvolvidos indicadores apresentados em um relatório operacional, como por exemplo o indicador de desempenho da Inspeção Final, apresentado na figura 36, que relaciona os produtos encontrados com defeito e os produtos bons que passaram pelo processo de Inspeção Final. Outros dois indicadores apresentados nesta mesma visualização, da figura 37, são os indicadores de quantidade de produtos que passaram pelo processo de I.F e a quantidade de produtos que passaram pelo

CQR. Neste caso nota-se que dos 1006 produtos que passaram pela I.F neste período de análise, 99,90% não apresentaram defeitos.

Figura 36: Cálculo do indicador de Inspeção Final.

```
I.F = CALCULATE(1-([.QTD DEFEIT0]/[.QTD I.F]),dimProducao[Processo] = "I.F")
```

Figura 37: Indicadores de Inspeção Final e CQR.

∠ 44 Quantidade CQR	
	244

Para desenvolver os requisitos de nível operacional como indicadores de produtividade individual, paradas, defeitos e com relação aos processos de cada linha, permitindo visualizações por tempo e comparativos entre datas, foram desenvolvidas 15 visualizações relacionando indicadores operacionais. Onde para fornecer a visualização de produtividade por dia, se desenvolveu um gráfico de barras e linhas com o indicador de quantidade de produtos produzidos (*Quantidade*), meta de quantidade de produtos (*Meta UN*) apresentada na figura 33. Esta visualização é apresentada na figura 38.

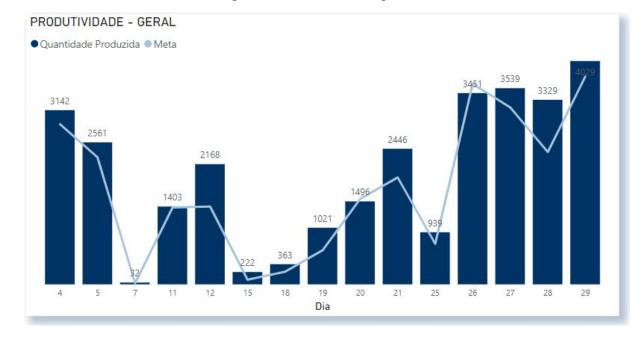


Figura 38: Produtividade por dia.

Para analisar a representatividade das paradas, a fim de perceber rapidamente caso haja algum gargalo durante o processo de monitoramento da produção, foi criado um indicador de Representatividade por Parada, que fornece uma visualização de quanto cada parada representa no tempo total de paradas, apresentada no Apêndice A.

Os indicadores operacionais relacionados às linhas 1, 2 e 3 de produção foram divididos em 3 indicadores, Quantidade de produtos com defeitos, Representatividade de paradas durante os processos na linha em questão e representatividade dos processos realizados em cada linha. Os indicadores e visualizações relacionadas à linha 1 são apresentados no Apêndice B.

Com o objetivo de fornecer uma visualização da produtividade individual dos colaboradores, se desenvolveu uma tabela relacionando cada colaborador com sua meta, quantidade produzida e produtividade, tal visualização pode ser analisada na figura 39. Também foram desenvolvidos gráficos com tempo médio de almoço e café, apresentados no Apêndice C. Todos os gráficos podem ser filtrados por qualquer uma das características presentes nas dimensões, e de maneira responsiva.

Figura 39: Produtividade Individual.

Nome	.Meta UN	Quantidade	.% Produtividade
	3.377,95	2934	86,86%
	3.806,18	4266	112,08%
	4.287,81	5127	119,57%
	5.051,04	6360	125,91%
	6.221,72	7827	125,80%
	3.319,81	3627	109,25%
Total	26.064,51	30141	115,64%

5.2.6 Divulgação

A etapa de Divulgação trata do desenvolvimento do ambiente de atualização dos dados e do relatório criado com os painéis gerencial e operacional na ferramenta de serviço do Power BI. De forma a tornar possível a utilização do relatório no formato self-service, permitindo que os dados sejam extraídos e que seja possível a criação de novas visualizações com os indicadores já desenvolvidos no Power BI Desktop.

Após carregar o relatório desenvolvido no serviço do Power BI na nuvem, houve a necessidade de realizar a conexão do DW com a ferramenta e definir os períodos de atualização do modelo de dados. Como o requisito era de que os dados atualizassem de hora em hora durante o período de trabalho, e a licença Premium do Power BI disponibiliza no máximo 8 períodos de atualização, agendou-se os momentos de atualização, de acordo com o que foi acordado com o gestor e usuário final da ferramenta.

5.2.7 Manutenção

Como o sistema desenvolvido se trata de um sistema de apoio à tomada de decisão baseado em arquiteturas de Business Intelligence, e que foram estruturadas de acordo com os processos práticos e de negócios da área em questão, caso exista a necessidade futura de um novo indicador ou de realizar mudanças nos processos, faz com que seja necessário desenvolver alterações no sistema já desenvolvido. Portanto, é de extrema importância a existência de um processo de manutenção, a fim de garantir que as informações entregues estejam sempre coerentes com a realidade.

O processo utilizado para realizar manutenções no sistema descrito neste trabalho, se baseia no que foi detalhado na seção 5.1.7, onde dependendo da necessidade são desenvolvidas manutenções adaptativas, evolutivas ou corretivas.



6 CONCLUSÃO

Como resultado da execução deste projeto, se obteve a implementação da ferramenta de BI que dá suporte à tomada de decisão dos gestores da área de produção. Após a conclusão do desenvolvimento do sistema, houve um período de teste e validação onde os apontamentos realizados por meio da utilização do sistema de captação dos dados eram analisados com a utilização de planilhas pelo colaborador que realiza o monitoramento da produção, e comparados semanalmente com o resultado apresentado pelo sistema de BI, constatando-se o sucesso com relação ao cumprimento dos objetivos propostos.

Em uma visão mais ampla, a solução desenvolvida promove a transformação dos dados de funcionamento dos processos realizados em todas as linhas de produção, em informações que geram valor para a organização em questão. Esta solução permite que se obtenha informações fidedignas aos dados que se obtêm do chão de fábrica em minutos. Processo que antes demorava dias, além de demandar horas de trabalho dos gestores e colabores responsáveis por realizar os apontamentos manualmente, digitalizar os dados e analisar em planilhas, processo que apresentava grande susceptibilidade a erros. Além destes benefícios, as necessidades informacionais ligadas aos processos de planejamento, programação e controle da produção são devidamente atendidos por meio dos indicadores e visualizações que corresponde ao que foi requisitado e apresentado na seção 4, e alguns indicadores podem ser analisados por todos os colaboradores durante o processo de produção, como acompanhar as metas de quantidade de produtos a serem produzidos no dia.

Este projeto apresenta limitações com relação a qualidade dos dados de apontamento coletados, que até o momento não são realizados com a utilização de equipamentos de leitura de código de barras, o que faz com que ocorram erros de digitação dos processos e paradas. Exigindo que ocorram processos contínuos de manutenção corretiva, a fim de amenizar os erros causados por estes apontamentos.

Além de melhorias ligadas ao sistema de captação dos dados, o fato de a equipe de BI estar constantemente desenvolvendo diferentes DM para as outras áreas da empresa, permite

que futuramente os dados armazenados no DW referentes à Produção, sejam integrados com os dados dos outros setores possibilitando uma visão horizontal dos silos organizacionais e promovendo análises mais ricas envolvendo dados de toda a organização de maneira a fornecer informações mais inteligentes.

Durante o desenvolvimento deste projeto, houve a necessidade de aplicar conhecimentos obtidos no decorrer do curso de Engenharia de Controle e Automação, em grande parte abordados durante disciplinas como Data Warehouse, Banco de Dados, Engenharia de Software e Avaliação de Desempenho de Sistemas de Automação Discretas. Permitindo ampliar o conhecimento já adquirido durante a graduação.

Com este trabalho se evidencia a grande importância atrelada ao processo de transformação de dados em informações de maneira rápida e segura. Agilizando o processo de tomada de decisão, identificação de gargalos e monitoramento dos processos, a fim de tornar rápida e eficiente a análise da saúde da empresa, de forma a mantê-la competitiva.

REFERÊNCIAS

KIMBALL, R.; ROSS, M. The Data Warehouse Toolkit Third Edition: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. [S.l.: s.n.], 2013.

KIMBALL, R.; ROSS, M. The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling. 2nd ed. Wiley Computer Publishing, 2002.

KIMBALL, R. et al. The Data Warehouse lifecycle toolkit: expert methods for designing, developing and deploying Data Warehouses. New York: John Wiley & Sons, 1998.

INMON, W. H. "What is Data Warehouse?". Prism Tech Topic, Vol. 1, No. 1, 1995.

FLEISCHER, J.; WEISMANN, U.; NIGGESCHMIDT, S. Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements. CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 13., 2006, Leuven Proceedings... Leuven, 2006. p. 675-680. Disponível em: http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/154.pdf. Acesso em: 01/09/2020.

COKINS, G. Why do large, once-successful companies fail? Analytics Magazine, May/June, 2012.

ALMEIDA, A. M.; SCHULTE, L. G.; CAMARGO. Aplicando técnicas de Business Intelligence sobre dados de desempenho acadêmico. UNIPAMPA: Mostra de Iniciação Científica de Engenharias, 2015.

TURBAN, E. et al. Business Intelligence: Um enfoque gerencial para a inteligência do negócio. [S.l.]: Bookman, 2009.

SIEMIATKOWSKI, M.; PRZYBYLSKI, W. (1997). A system solution for integration of process planning and control in flexible manufacturing. Integrated manufacturing systems, Vol. 8, No. 3, pp. 173-180.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON M. (1997). Planejamento, programação e controle da produção: MRPII/ERP. Editora Atlas, São Paulo.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. (1993). Integrated production and inventory management. Business One Irwin.

ANATEL.**Panorama de acessos**. Disponível em:https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/panorama Acesso em: 08/09/2020

CHIAVENATO, Idelberto. **Administração de materiais: uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

KEIM, D.; WARD, M. **Visual Data Mining Techniques**, Johnson/Hansen: The Visualization Handbook, 2003.

CAETANO, A. G. L. S; MEIRELES; G.S C.; OLIVEIRA, J.F.G; LEÃO E SOUZA, G. W. (1999). **Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada**. Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade (SAE Brasil 99), SAE Technical Paper Series.

MATTHEW O. W.; GRINSTEIN, G.; KEIM, D. Interactive Data Visualization Foundations Techniques and Applications. 2nd Edition, CRC Press, 2010.

PARSAYE, K.; CHIGNELL, M. Intelligent Database Tools & Applications: Hyper Information access, data quality, visualization, automatic Discovery. John Wiley & Sons Inc. 541p.1993.

AAKER, D.A, Kumar, V., Day, G. S., & Leone, R. 2009. Marketing Research, 10th Edition. Wiley.com.

JOURDAN, Z., Rainer, R. K. and Marshall, T. E.(2008). **Business intelligence: An analysis of the literature. Information Systems Management**, 25 (2), 121-131.

ACKOFF, R. **From data to wisdom**. Journal of Applied Systems Analysis, v. 16, p. 3–9, 1989.

ZELENY, M. Management support systems: towards integrated knowledge management. Human systems management, IOS Press, v. 7, n. 1, p. 59–70, 1987.

Costa, S., & Santos, M. (2012). **Sistema de Business Intelligence no suporte à Gestão Estratégica**. Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (CAPSI) (pp. 1–10). Guimarães, Portugal.

GALASSI, C. R.; FÓRMICE, C. R.; DIONYSIO, R. C. C. Modelagem De Banco De Dados. Taquaritinga: AgBook, 2013.

SILBERSCHATZ , ; KORTH, H.; SUDARSHAN,. **Sistema de banco de dados**. 6^a. ed. [S.1.]: Elsevier Editora , 2006.

MACHADO, F. N. R. **Projeto de Data Warehouse: Uma Visão Multidimensional**. São Paulo: Érica, 2000.

THOMSEN, E. **OLAP:** construindo sistemas de informação multidimensionais.Rio de Janeiro: Campus, 2002.

GARTNER, 2020. "Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms", Disponível em: Acesso em: 28/10/2020.">Acesso em: 28/10/2020.

MICROSOFT, 2020. "Microsoft named a Leader in Gartner's 2020 Magic Quadrant for Analytics and BI Platforms", Disponível em: https://powerbi.microsoft.com/pt-br/blog/microsoft-named-a-leader-in-gartners-2020-magic-quadrant-for-analytics-and-bi-platforms/ Acesso em: 28/10/2020

MICROSOFT, 2020. **"PowerBI Overview"**, Disponível em: https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview Acesso em: 28/10/2020.

LENZERINI,. **Data Integration: A Theoretical Perspective**. Conference: Proceedings of the Twenty-first. Wisconsin: [s.n.]. 2002. p. 233-246.

HITACHI, 2020. **"Pentaho Data Integration"**, Disponível em: https://www.hitachivantara.com/en-us/products/data-management-analytics/pentaho-data-int egration.html?source=pentaho-redirect> Acesso em: 28/10/2020.

SOUZA, R. el al. Indicadores da qualidade e produtividade: Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras. São Paulo: PINI, 1994. mód.11 p.219-230.

NEELY, A. Measuring business performance. The Economics, London, c.3, 1998.

SEGNESTAM, L. (2002). Indicators of Environmental and Sustainable Development: Theories and Practical Experiences. World Bank, Washington DC.

LJUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities**. International Journal of Operations and Production Management, v. 18, n. 5, p. 495-507, 1998. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/01443579810206334, Acesso: 29/10/2020.

BAMBER, C. J. et al. **Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 9, n. 3, p. 223-238, 2003. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1108/13552510310493684 Acesso: 29/10/2020.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) - an integrated approach to assess systems performance. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. **Operational efficiency and effectiveness measurement.** International Journal of Operations and Production Management, v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001.

ZANLORENCI, E. P.; BURNETT, R. C. Modelo para qualificação da fonte de informação cliente e de requisito funcional. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA DE REQUISITOS, 1, 1998, Maringá. Rio de Janeiro: PUCRJ, 1998, p 39-48.

LIENTZ, B. P.; SWANSON, E. B. (1980) "Software Maintenance Management", Reading, MA, Addison-Wesley.

TOLEDO Jr, Itys Fides Bueno e KURATOMI, Shoei. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

APÊNDICE A – Representatividade por parada

O indicador percentual de representatividade das paradas (% Repres. da Parada) apresentado na figura 40, pode ser filtrado de acordo com qualquer uma das características apresentadas nas dimensões, dependendo da análise que se deseja realizar. Este indicador é calculado, assim como se pode analisar na figura 41, de forma a dividir a soma da duração da parada filtrada em minutos, pela soma total do período das paradas realizadas durante o período de tempo filtrado pelo usuário.

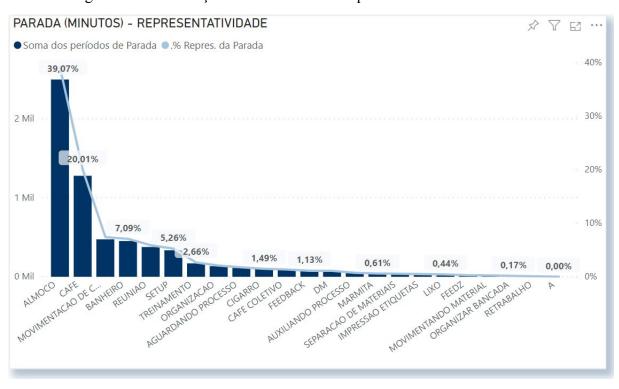


Figura 40: Visualização do Percentual de Representatividade das Paradas.

Figura 41: Cálculo do Percentual de Representatividade das Paradas.

1 .% Repres. da Parada =
2 var valorAtual = [.Soma da Duração da Parada MIN]
3 var valorTotal = CALCULATE([.Soma da Duração da Parada MIN],ALL(dimParada))
4 RETURN DIVIDE(valorAtual,valorTotal)

APÊNDICE B – Indicadores operacionais da Linha 1

Os indicadores operacionais utilizados nos processos de Monitoramento de Controle da Produção, são os de Quantidades de Produtos Produzidos e Produtos com Defeito, Soma da Duração das Paradas em Minutos, Soma da Duração dos Processos em Minutos. Estes indicadores são apresentados filtrados de acordo com a linha 1, 2 e 3. Apresentaremos apenas as visualizações referentes a Linha 1.

Como se pode observar na figura 42, a quantidade de produtos produzidos são apresentados filtrados pelo código de produto, de forma a facilitar a visualização de quantos produtos apresentaram defeito dentro do total de produtos que foram produzidos na linha, durante o período de tempo filtrado pelo usuário. Nas figuras 43 e 44 se pode analisar os cálculos realizados em linguagem DAX para a obtenção dos indicadores.

Figura 42: Quantidade de Produtos Produzidos e Produtos com Defeito.



Figura 43: Cálculo da Quantidade de Produtos com Defeito na Linha 1.

Figura 44: Cálculo da Quantidade de Produtos Produzidos na Linha 1.

Na figura 45, apresenta-se uma visualização composta de 2 indicadores, a Soma da Duração das Paradas e o Percentual de Representatividade da Parada, em formato de tabela, apresentando a linha de Total. Onde se pode avaliar os indicadores filtrados por parada realizada durante a produção na Linha 1.

Figura 45: Soma dos Minutos de Duração das Paradas.

Tipo de Parada	.Soma da Duração da Parada MIN	.% Repres. da Parada
ALMOSO		20.440/
ALMOCO	598	28,11%
AUXILIANDO PROCESSO	584	27,46%
ORGANIZACAO	576	27,08%
CAFE	178	8,37%
REUNIAO PRODUCAO	86	4,04%
MOVIMENTACAO DE CAIXAS	80	3,76%
SETUP	14	0,66%
BANHEIRO	11	0,52%
Total	2127	100,00%

A figura 46 também apresenta uma tabela composta por 2 indicadores, a Soma da Duração do Processo em Minutos e o Percentual de Representatividade do Processo, filtrados por processo desenvolvido na Linha 1, onde neste caso, se pode notar que o total do *% Repres. do Processo* é 4,10% pois este indicador realiza o cálculo da representatividade dos processos da Linha 1 com relação aos processos realizados na Linha 2 e 3. Proporcionando uma visão geral das linhas de produção. O processo de nome NI (Não Identificado), significa que o processo em questão não foi identificado.

Figura 46: Visualização da Duração dos Processos da Linha 1.

PROCESSOS - SOMA DA DURAÇÃO

Total	6140	4,10%
NI	847	0,57%
EMBALAGEM	1576	1,05%
TESTE	3717	2,48%
Processo	.Soma da Duração do Processo MIN	.% Repres. do Processo ▼

APÊNDICE C - Indicadores de Tempo Médio de Almoço e Café

Os indicadores operacionais que fornecem informações referentes aos dois principais tipos de parada planejada, são o Tempo Médio de Duração do Almoço e Tempo Médio de Duração do Café. Estes indicadores fornecem informações que apoiam decisões relacionadas principalmente aos processos de Programação e Controle de Produção. A visualização criada, apresenta um gráfico de barras e linhas com os valores da média de tempo realizado em cada uma das paradas em minutos, e o tempo planejado em minutos como linha no gráfico. A média de tempo do almoço pode ser analisado na figura 47, e a média de tempo realizado no café na figura 48.

Figura 47: Média de Duração do Almoço.



Figura 48: Média de Duração do Café.

