

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO - CAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THIAGO FRANCISCO FERREIRA BATISTA

**ANÁLISE DE DADOS DE RASTREABILIDADE PARA TOMADA DE DECISÕES A
PARTIR DO ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL DO PROCESSO
PRODUTIVO: um estudo de caso voltado a melhoria contínua no processo
produtivo**

Caruaru
2023

THIAGO FRANCISCO FERREIRA BATISTA

**ANÁLISE DE DADOS DE RASTREABILIDADE PARA TOMADA DE DECISÕES A
PARTIR DO ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL DO PROCESSO
PRODUTIVO: um estudo de caso voltado a melhoria contínua do processo
produtivo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção e Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez

Caruaru
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Batista, Thiago Francisco Ferreira.

ANÁLISE DE DADOS DE RASTREABILIDADE PARA TOMADA DE
DECISÕES A PARTIR DO ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL DO
PROCESSO PRODUTIVO: um estudo de caso voltado a melhoria contínua no
processo produtivo / Thiago Francisco Ferreira Batista. - Caruaru, 2023.

70 : il., tab.

Orientador(a): Thalles Vitelli Garcez

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2023.

1. Gestão da Produção. 2. Gestão da Informação. 3. Rastreabilidade. 4. Gestão
da Qualidade. 5. Processos Industriais. I. Garcez, Thalles Vitelli. (Orientação). II.
Título.

620 CDD (22.ed.)

THIAGO FRANCISCO FERREIRA BATISTA

**TÍTULO DO TRABALHO:ANÁLISE DE DADOS DE RASTREABILIDADE PARA
TOMADA DE DECISÕES A PARTIR DO ACOMPANHAMENTO EM TEMPO REAL
DO PROCESSO PRODUTIVO: um estudo de caso voltado a melhoria contínua
no processo produtivo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 26/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Renata Maciel de Melo (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho aos meus amigos, professores e familiares, que foram fundamentais para a minha jornada. Em especial aos meus pais que sempre foram a minha inspiração e apoio, e me ensinaram o valor do trabalho e da perseverança.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a UFPE-CAA e todos seus docentes por me dar a oportunidade de me capacitar todos os dias e contribuir para crescimento pessoal e intelectual, e alcançar mais um objetivo em minha vida. Agradeço especialmente também aos meus pais que sempre estiveram comigo em todos os momentos infindavelmente me dando forças para me manter motivado e focado nos próximos passos além de me apoiarem em todas as decisões da minha vida, independentemente de quais fossem.

Gostaria de destacar também a importância dos meus colegas de turma, com quem compartilhei essa experiência ímpar e importantíssima em minha vida. Sem dúvida, sua colaboração foi fundamental para que eu pudesse concluir este trabalho. Agradeço imensamente pela parceria e pelo apoio ao longo deste percurso.

“A angústia te acompanhará. Você que é livre, soberano, autor da própria trajetória, orgulhoso de ser parecido com Deus, a angústia sempre acompanhará porque são sempre 360° de possibilidades e só uma pra escolher.”

Clóvis de Barros Filho

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise abrangente de dados de rastreabilidade em processos de fabricação, com foco na produção de um produto específico. O estudo propõe uma metodologia para analisar dados visando identificar possíveis falhas nos processos e enfatiza a importância da análise e visualização de dados para identificar padrões e tendências. O trabalho foi feito a partir de um estudo de caso em uma empresa brasileira de manufatura que coleta dados de rastreabilidade, mas não os utiliza para monitorar e melhorar seus processos de produção. A metodologia utilizada neste estudo envolveu a organização e categorização dos dados, bem como a identificação de indicadores e possíveis anomalias ou falhas no processo de produção. Os resultados do estudo mostraram que o uso de informações precisas e organizadas é fundamental para a gestão eficiente e eficaz, e que a exploração das possibilidades de dados pode ser uma base para a melhoria contínua e planejamento estratégico. O estudo identificou possíveis anomalias e falhas no processo de produção e forneceu informações sobre as causas e características desses problemas. Destacando a importância dos dados de rastreabilidade em processos de fabricação e seu potencial para empresas que desejam melhorar sua eficiência e qualidade de produção. Ressaltando que, ao medir, quantificar e armazenar informações sobre um processo, as empresas podem tomar decisões informadas, melhorar continuamente suas operações, monitorar o desempenho, comunicar-se efetivamente, cumprir regulamentações e planejar estrategicamente. Por fim, este trabalho oferece uma contribuição relevante para o campo da análise de processos de fabricação e qualidade e a metodologia proposta neste estudo pode ser aplicada como base para estudos de vários processos de fabricação de qualquer empresa.

Palavras-chave: rastreabilidade; inteligência de dados; falhas de processo; eficiência de produção.

ABSTRACT

This work presents a comprehensive analysis of traceability data in manufacturing processes, focusing on the production of a specific product. The study proposes a methodology for analyzing data aimed at identifying possible process failures and emphasizes the importance of data analysis and visualization in identifying patterns and trends. The work was based on a case study in a Brazilian manufacturing company that collects traceability data, but does not use it to monitor and improve its production processes. The methodology used in this study involved organizing and categorizing the data, as well as identifying indicators and possible anomalies or failures in the production process. The study results showed that the use of accurate and organized information is essential for efficient and effective management, and that exploring data possibilities can be a basis for continuous improvement and strategic planning. The study identified possible anomalies and failures in the production process and provided information on the causes and characteristics of these problems. Highlighting the importance of traceability data in manufacturing processes and their potential for companies wishing to improve their efficiency and production quality. Emphasizing that by measuring, quantifying, and storing information about a process, companies can make informed decisions, continuously improve their operations, monitor performance, communicate effectively, comply with regulations, and plan strategically. Finally, this work offers a valuable contribution to the field of manufacturing process analysis and quality, and the methodology proposed in this study can be applied as a basis for studies on various manufacturing processes of any company.

Keywords: traceability; business intelligence; process failures; production efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Fluxograma metodologia científica do trabalho.....	29
Figura 2 –	Fluxograma metodologia aplicada no trabalho.....	30
Figura 3 –	Posicionamento dos pontos de coleta de dados de rastreabilidade na linha de produção.....	38
Figura 4 –	Fluxo do processo de rastreabilidade.....	38
Figura 5 –	Exemplo de código data matrix usado.....	39
Figura 6 –	Fluxograma do processo produtivo.....	39
Figura 7 –	Status de operação das máquinas e quantidade de produtos processados, nos últimos 5 minutos.....	47
Figura 8 –	Painel de monitoramento de produtividade - índice geral....	48
Figura 9 –	Painel de monitoramento de produtividade - índice turno A	49
Figura 10 –	Painel de monitoramento de produtividade - índice turno B	50
Figura 11 –	Painel de monitoramento de produtividade - índice turno C	50
Figura 12 –	Painel de monitoramento de desperdício - índice geral.....	52
Figura 13 –	Painel de monitoramento de desperdício - índice turno A....	52
Figura 14 –	Painel de monitoramento de desperdício - índice turno B....	53
Figura 15 –	Painel de monitoramento de desperdício - índice turno C....	53
Figura 16 –	Painel de monitoramento de Produção - índice geral.....	55
Figura 17 –	Painel de monitoramento de Produção - índice turno A.....	56
Figura 18 –	Painel de monitoramento de Produção - índice turno B.....	57
Figura 19 –	Painel de monitoramento de Produção - índice turno C.....	58
Figura 20 –	Painel de monitoramento de Produção - Análise por turnos	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Colunas contidas na base de dados bruta.....	42
Tabela 2 –	Colunas da base de dados tratada.....	43
Tabela 3 –	Categorização usada no estudo.....	43
Tabela 4 –	Pontos de interesse levantados pelos stakeholders.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Interface de Programação de Aplicativos
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BI	Business Intelligence (Inteligência de Negócios)
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CSV	Comma-Separated Values (Valores Separados por Vírgula)
DM	Data Matrix
DW	Data Warehousing (Armazém de Dados)
EIA	Aliança das Indústrias Eletrônicas
ETL	Extração, Transformação e Carregamento
ID	Identificação
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
ISO	Organização Internacional de Normalização
KPI	Indicadores-chave de Desempenho
MIL-STD	Military Standard (Padrão Militar)
MSC	Conselho de Manejo Sustentável dos Oceanos
NBR	Norma Brasileira
OLTP	Processamento de Transações em Tempo Real
PDP	Produção x dia e processo
PVDP	Produção validada x dia e processo
QS	Quality System (Sistema de Qualidade)
SQL	Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)
TCQ	Teoria do Custo da Qualidade
TI	Tecnologia da informação
TS	Technical Specification (Especificação Técnica)
VDA	Verband der Automobilindustrie (Associação da Indústria Automotiva)
WCM	World Class Manufacturing (Fabricação de Classe Mundial)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 GERAL.....	18
1.2.2 ESPECÍFICO.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 RASTREABILIDADE.....	20
2.2 DATA MATRIX.....	21
2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO (KPIs).....	22
2.4 ETL.....	24
2.5 BUSINESS INTELLIGENCE.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
4 GESTÃO DA INFORMAÇÃO.....	30
4.1 EXTRAÇÃO DO DADO.....	30
4.2 TRATAMENTO DE DADOS.....	30
4.2.1 PRÉ PROCESSAMENTO.....	31
4.2.1.1 LIMPEZA DE DADOS.....	31
4.2.1.2 TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS.....	31
4.2.1.3 SELEÇÃO DOS DADOS.....	32
4.2.2 CATEGORIZAÇÃO.....	32
4.3 CARREGAMENTO DO DADO.....	32
4.4 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES.....	34
4.5 ANÁLISE DOS INDICADORES.....	34
5 ESTUDO DE CASO.....	36
5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	36
5.1.1 GERAL.....	36
5.1.2 O PROCESSO.....	36

5.1.3 DATA MATRIX.....	38
5.1.4 FLUXO.....	39
5.2 DADOS.....	40
5.3 TRATAMENTO DE DADOS.....	41
5.4 INDICADORES.....	42
5.5 MODELO PROPOSTO.....	44
5.5.1 STATUS DE FUNCIONAMENTO.....	44
5.5.2	
PRODUTIVIDADE.....	44
5.5.3 DESPERDÍCIO.....	45
6 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	46
6.1 STATUS DE FUNCIONAMENTO.....	46
6.2 PRODUTIVIDADE.....	47
6.2.1 PRODUTIVIDADE REAL DA LINHA.....	47
6.2.1.1 GERAL.....	48
6.2.1.2 TURNO A.....	49
6.2.1.3 TURNO B.....	49
6.2.1.4 TURNO C.....	50
6.3 DESPERDÍCIO.....	50
6.3.1 GERAL.....	51
6.3.2 TURNO A.....	52
6.3.3 TURNO B.....	53
6.3.4 TURNO C.....	53
6.4 VISUALIZAÇÃO DE POSSÍVEIS ANOMALIAS / FALHAS.....	54
7 DISCUSSÕES.....	59
7.1 PRODUTIVIDADE.....	59
7.2 DESPERDÍCIO.....	59
7.3 ANÁLISES DETALHADAS DO PROCESSO – OUTRAS ANOMALIAS / FALHAS.....	60
7.3.1 “BREJO”.....	60

7.3.2 ANÁLISE DO DESPERDÍCIO.....	63
8 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A rastreabilidade na produção de produtos é uma prática cada vez mais comum em todo o mundo. Através do uso de tecnologias como códigos de barras e sistemas de informação, as empresas são capazes de rastrear o histórico completo de um produto, desde a sua origem até o destino. Isso permite maior controle sobre a qualidade e segurança dos produtos, além de facilitar a identificação e correção de possíveis problemas ao longo da cadeia produtiva. De acordo com um relatório da Grand View Research, em 2015, estimou-se que o mercado mundial de embalagens inteligentes tinha um valor de US \$ 6,65 bilhões, e prevê-se que cresça a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 8,91% de 2016 a 2024. Esse crescimento é atribuído ao aumento do uso de embalagens inteligentes para melhorar a durabilidade e rastreabilidade dos produtos. Ainda, segundo esta empresa de pesquisa de mercado, o mercado global de rastreabilidade de produtos deverá alcançar US \$24,2 bilhões até 2027, impulsionado por fatores como a demanda por maior segurança alimentar e a necessidade de cumprir regulamentações governamentais.

Como abordado por Oliveira (2020), atualmente a rastreabilidade é exigida em diversas normas de procedimentos, tais como ISO 22000:2006 (Sistemas de gestão da segurança de alimentos), ISO/IEC 12207 (Processo de desenvolvimento de software), MIL-STD-498 (Governo Americano), MSC - Marine Stewardship Council (Padrão de normas para produtos do mar), AVSQ e EAQF (Padrões da indústria automotiva nos Estados Unidos, Alemanha, Itália e França, respectivamente), QS 9000, VDA 6, NBR 15100, ISO/TS 16949 (Padrão brasileiro para a indústria aeroespacial), BPF – Boas Práticas de Fabricação (Padrão da indústria farmacêutica), ISO 9001 (Sistema de gestão da qualidade) IEEE/EIA 12207 (Padrão para Tecnologia da Informação), entre outras normas. Ou seja, sua adoção se mostra ampla em regulamentações mundialmente.

Segundo Montey e Day (2018) e Badia et. al. (2015) a rastreabilidade é um conceito antigo, tendo surgido no século XIII na indústria alimentícia e agrícola. Atualmente, é principalmente utilizada nessa indústria para prevenção de surtos de doenças. Além disso, há requisitos de rastreabilidade de alimentos em legislações nacionais e internacionais como uma tentativa de mitigar esses problemas. Outro setor onde o uso da rastreabilidade vem se desenvolvendo é o farmacêutico, em

seu combate à falsificação de produtos que se tornou um problema significativo no setor, Han et. al. (2012). E assim como na área farmacêutica, as empresas do setor aeroespacial têm percebido a importância e as vantagens da aplicação da rastreabilidade em seus produtos e processos, Roberti (2015).

No Brasil, a rastreabilidade na produção de produtos também é uma prática crescente, especialmente no setor de alimentos, pois a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) exige a rastreabilidade de frutas, legumes e verduras desde 2002, e em 2020 passou a exigir a rastreabilidade de carnes bovinas. No entanto, embora seja uma prática em crescimento no Brasil, ainda há desafios a serem enfrentados, como a falta de padronização e a necessidade de investimentos em tecnologia e capacitação de pessoal. Por isso, o estudo de processos que envolvam a rastreabilidade se faz importante.

Para esse estudo de caso, foi selecionada uma prática de rastreabilidade dentro de uma indústria no agreste pernambucano. A partir de estudos da literatura, atrelado com o entendimento do processo e suas necessidades através de entrevistas com as partes envolvidas foi desenvolvida e usada uma metodologia de análise dos dados obtidos pela rastreabilidade. Ampliando o horizonte da tomada de decisão ao destringir os processos a fim de identificar suas anomalias e servir como ferramenta de controle e monitoramento dos processos.

Com base na pesquisa na literatura feita para este trabalho, ficou evidenciado que a análise dos dados de rastreabilidade no ramo da indústria automotiva é um tema relevante e pouco explorado na literatura. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é fornecer uma contribuição relevante para a área de engenharia de produção e empresas do setor realizando um estudo de caso aprofundado, a fim de explorar e descrever dados sobre um assunto pouco abordado na literatura especializada. Acredita-se que os resultados deste estudo poderão trazer novas perspectivas e insights valiosos para a compreensão da área.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como objetivo abordar a análise de dados de rastreabilidade nos processos de fabricação. Em um mundo cada vez mais conectado, onde a troca de informações é cada vez mais frequente, o uso de dados de rastreabilidade torna-se cada vez mais importante para o monitoramento de

processos de fabricação e a identificação de problemas. O objetivo da análise de dados de rastreabilidade é acompanhar a localização e as características de um produto durante todas as etapas de processamento. Esta abordagem permite aos fabricantes acompanhar a qualidade das peças produzidas e identificar possíveis problemas em um estágio inicial. Além disso, o uso de dados de rastreabilidade permite aos fabricantes identificar quaisquer problemas relacionados ao processo de fabricação, como falhas na produção, falhas de qualidade, falhas nos processos, entre outros.

Segundo a ISO 9001:2015, a rastreabilidade é definida como "a capacidade de seguir a história, aplicação ou localização de um item ou grupo de itens, através do uso de registros adequados" (ISO, 2015). A análise de dados de rastreabilidade permite identificar problemas e tendências no processo, além de fornecer informações valiosas para a tomada de decisão.

Esta abordagem pode ser usada para melhorar a qualidade dos produtos fabricados, reduzir custos de produção, monitorar o progresso dos processos de fabricação e identificar problemas antes que eles causem problemas maiores. Além disso, a análise de dados de rastreabilidade permite aos fabricantes identificar tendências de falhas e problemas de qualidade, bem como obter informações detalhadas sobre o processo de fabricação, incluindo o nível de inspeção, o nível de qualidade, os tempos de processamento, a quantidade de peças produzidas, entre outras informações.

Bento e Paulillo (2019) demonstram os benefícios do uso da tecnologia em conjunto com a rastreabilidade para redução de custos e aumento da qualidade em uma indústria automobilística. Ou seja, a rastreabilidade é essencial para garantir a segurança e qualidade dos processos e produtos, bem como para rastrear e resolver problemas de qualidade. A análise de dados de rastreabilidade permite identificar tendências e problemas no processo de fabricação, além de fornecer informações valiosas para a melhoria contínua.

Por fim, ao se olhar para a indústria brasileira, a rastreabilidade é um importante passo para garantir que os produtos sejam seguros e de qualidade. A partir da identificação de todos os elementos que compõem os itens produzidos, é possível monitorar seu desempenho e se certificar de que está de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos. O número de série de um produto manufaturado ou processo de manufatura é um dos principais elementos a serem

rastreados. Isso permite que os fabricantes sejam capazes de rastrear quaisquer defeitos ou problemas com eles em qualquer etapa do processo produtivo. Além disso, a quantidade de produtos fabricados e sua produtividade, o fluxo produtivo, níveis de temperatura e pressão, tempos, identificação da linha e turno de produção e outros parâmetros também devem ser monitorados. Segundo Silva e Gasparotto (2020), um sistema que permite a identificação e rastreabilidade dos processos gera confiabilidade na garantia da qualidade da empresa, além de proporcionar uma redução de perdas e, conseqüentemente, economia durante o processo produtivo.

Por meio deste trabalho, espera-se que os resultados obtidos possam ser aplicados não só na empresa estudada, mas também em outras empresas do setor automotivo, contribuindo para a melhoria da gestão da produção, gestão da qualidade e para a competitividade do setor como um todo. Além disso, espera-se que esta pesquisa possa servir como base para futuros estudos na área da rastreabilidade na cadeia de produção, incentivando novas pesquisas e debates na comunidade acadêmica.

De acordo com Oliveira (2020, p. 16), é possível inferir que a adoção do processo de rastreabilidade é imprescindível no atual contexto da indústria, de modo a garantir a participação da empresa no mercado e manter a sua competitividade mantendo seus clientes em sua carteira.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GERAL

Propor uma metodologia de acompanhamento de dados de rastreabilidade no processo produtivo para identificar possíveis indícios de falhas de processo.

1.2.2 ESPECÍFICO

Pretende-se atingir o objetivo geral por meio do alcance dos seguintes objetivos específicos:

- Analisar os dados de rastreabilidade para detectar padrões de erro.
- Identificar processos problemáticos.

- Estabelecer controles ou ferramentas de monitoramento para evitar novas falhas no processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RASTREABILIDADE

Feigenbaum (1994) define a rastreabilidade como uma técnica importante e indispensável na qualidade do produto. Ela envolve a documentação de engenharia, produção e histórico de distribuição de produtos, permitindo rastrear o produto no campo, de modo que tendências na qualidade possam ser identificadas e, em casos extremos, como o recall do produto, uma ação corretiva rápida possa ser adotada.

A rastreabilidade de produtos tem sido amplamente abordada como uma forma de monitorar e controlar a distribuição dos produtos, aprimorar a qualidade dos produtos e melhorar a segurança dos consumidores. De acordo com Corrêa, Cardoso e Chaves (2006), a utilização de sistemas de rastreabilidade oferece diversas informações, tais como a identificação de lotes com defeitos, o fluxo logístico e a redução de custos, tornando o processo mais eficaz. Além disso, permite ações orientadas para prevenir a recorrência, auxilia no diagnóstico de problemas, transfere responsabilidades quando necessário e promove a confiança do cliente e a proteção da marca.

Ademais, a rastreabilidade aperfeiçoa a eficiência da produção e controle de qualidade, bem como o controle de estoque, o uso de material e a identificação da origem e características dos produtos. Este monitoramento é realizado através de vários sistemas de rastreamento, tais como o uso de códigos de barras ou etiquetas RFID, que são usados para acompanhar o produto do fabricante ao consumidor. Estes sistemas permitem que os consumidores verifiquem a origem de um produto, bem como seu conteúdo e qualidade. O processo de rastreabilidade envolve vários atores, desde as fases de fabricação até a distribuição e venda.

Na fabricação, os fabricantes usam sistemas de controle de qualidade para garantir que os produtos atendam aos padrões de qualidade e segurança. A rastreabilidade na manufatura é definida como a capacidade de extrair o histórico de processamento de um objeto identificado na forma de um conjunto consistente de dados e permitir abordagens melhoradas de gestão da qualidade (Wessel et al., 2023).

Etiquetas de rastreabilidade são utilizadas para controlar os produtos durante a produção e para identificar os produtos para fins de rastreamento. Os

distribuidores e varejistas também desempenham um papel importante na rastreabilidade dos produtos ao recorrerem a sistemas de gerenciamento de inventário para rastrear os produtos desde o fornecedor até a loja. Além disso, aplicam etiquetas de rastreabilidade para identificar os produtos e permitir que os consumidores verifiquem a origem do produto. E no fim da cadeia os consumidores também têm um papel importante na rastreabilidade dos produtos ao valer-se do sistema de rastreamento para verificar a qualidade e a segurança do produto antes de comprar. Portanto, a rastreabilidade permite que os consumidores verifiquem se o produto cumpre com os padrões de qualidade e segurança. Como evidenciado por Pinto (2016) ao afirmar que a preocupação quanto à procedência dos produtos adquiridos pelos consumidores está cada vez maior e critérios como qualidade, segurança e confiança são cada vez mais exigidos tanto pelos clientes, quanto pelas agências reguladoras.

A tecnologia da rastreabilidade está se tornando cada vez mais popular e é usada em diversos setores, desde o agrícola ao comercial. Segundo Silva (2018), a rastreabilidade tem sido usada com sucesso para melhorar a segurança e qualidade dos produtos, tornando-os mais seguros e confiáveis para os consumidores. Ou seja, de acordo com Oliveira (2020), a rastreabilidade é considerada um elemento crucial para a melhoria contínua de uma empresa, pois um sistema que permite rastrear informações pode fornecer subsídios para identificar oportunidades de aprimoramento de processos, produtos e serviços.

2.2 DATA MATRIX

O Data Matrix foi inventado por Dennis Priddy em 1989 e como Oliveira (2020) define o DM um código de barras matricial (2D ou bidimensional) na forma de um símbolo quadrado ou retangular, formado por vários pontos ou quadrados. Sendo similar a um código de barras linear (unidimensional), só que tendo mais capacidade de representação de dados, podendo representar em um único código até 2335 caracteres ou até 3116 números.

Para a rastreabilidade, se faz necessário um código único e exclusivo para cada produto. Tornando possível a consulta dos dados específicos de cada unidade fabricada com a certeza que não haverá em hipótese alguma mais de um produto

com o mesmo código. Conforme abordado por (REGATTIERI; GAMBERI; MANZINI, 2007) ao falar que um sistema de rastreabilidade eficiente pode ser reconhecido por sua identificação única de unidades rastreáveis. E que o passo de identificação do produto é fundamental para um sistema de rastreabilidade.

Ainda segundo Oliveira (2020 p.21), “essa tecnologia tem sido utilizada em larga escala na indústria eletrônica, automotiva, aeroespacial, semicondutores, dispositivos médicos, entre outros, para aplicação de rastreabilidade, substituindo o código de barras convencional e tornando-se cada vez mais comum no mercado”.

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO (KPIs)

Os indicadores de desempenho de produção (KPIs, do inglês *Key Performance Indicators*) são métricas utilizadas para monitorar e avaliar o desempenho da produção de uma empresa. Como abordado por Cunha (2022 p. 20), “a utilização de KPIs é fator fundamental para entender o desempenho de um determinado processo e sustentar a tomada de decisão eventual”. Esses indicadores permitem que os gestores avaliem a eficiência da produção, identifiquem pontos de melhoria e tomem decisões mais embasadas para otimizar o desempenho produtivo. De acordo com Soltanali et al. (2021), a aplicação de instrumentos de medição da performance das empresas impacta diretamente na gestão da informação possuída pelos, possibilitando melhorias a serem implementadas e potenciando os seus resultados.

“Sem mensuração do desempenho seria impossível exercer qualquer controle sobre uma operação de forma contínua, ou avaliar se alguma melhoria está sendo feita” (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018, p. 120).

Oferecendo assim, várias vantagens para as empresas, tais como:

- Identificar oportunidades de melhoria: ao monitorar o desempenho da produção, os gestores podem identificar oportunidades de melhoria e implementar mudanças para otimizar a produção.
- Tomar decisões embasadas e mais assertivas: os KPIs de produção permitem que os gestores tomem decisões mais embasadas sobre a

alocação de recursos, o planejamento de produção e outras questões relacionadas à produção.

- Monitorar o progresso: os KPIs de produção ajudam os gestores a monitorar o progresso em relação a metas estabelecidas e a tomar medidas corretivas quando necessário.
- Comunicar resultados: os KPIs de produção são uma forma eficiente de comunicar os resultados da produção para os membros da equipe, os stakeholders e outros envolvidos na empresa.

Os KPIs de produção devem ser utilizados para monitorar e avaliar o desempenho da produção, identificar pontos de melhoria e tomar decisões embasadas para otimizar o desempenho produtivo. De acordo com Hwang et al. (2017), existe a necessidade de que todo o desempenho do sistema de produção seja monitorado, de forma que falhas no processo que comprometam a performance da empresa sejam identificadas e analisadas, para que, posteriormente sejam implementados planos de ação com o objetivo de eliminar estas anomalias.

Alguns passos para utilizar os KPIs de produção são:

- Coletar e analisar dados: é importante coletar e analisar dados sobre os KPIs de produção para monitorar o desempenho e identificar oportunidades de melhoria.
- Identificar pontos de melhoria: com base nos dados coletados, identifique pontos de melhoria na produção. Esses pontos podem incluir problemas de qualidade, baixa eficiência de produção ou outras questões relacionadas à produção.
- Implementar mudanças: com base nos pontos de melhoria identificados, implemente mudanças para otimizar a produção. As mudanças podem incluir melhorias nos processos, treinamento da equipe ou atualizações de equipamentos.
- Monitorar o progresso: monitorar o progresso em relação às metas estabelecidas é fundamental para garantir que as mudanças implementadas estejam tendo o impacto desejado na produção.
- Comunicar os resultados: é importante comunicar os resultados da produção para os membros da equipe, os stakeholders e outros envolvidos na empresa. Os KPIs de produção são uma forma eficiente de comunicar esses resultados de forma clara e objetiva.

2.4 ETL

O ETL, sigla em inglês para "*Extract, Transform, Load*", é um processo utilizado em tecnologia da informação para integrar dados de diversas fontes em um único sistema de destino. Ele é frequentemente aplicado em projetos de *Business Intelligence* (BI) e *Data Warehousing* (DW), com o objetivo de fornecer informações integradas e confiáveis para a tomada de decisão nas empresas. Para suportar a tomada de decisão é necessário extrair conhecimento através da informação existente (Ribeiro, 2022 p.39).

O processo de ETL é composto por três etapas principais. A primeira é a extração, que envolve a coleta de dados de diversas fontes, tais como bancos de dados, arquivos ou APIs. A segunda etapa é a transformação, que consiste em modificar e limpar os dados coletados, a fim de garantir a sua integridade e qualidade. Nesta etapa são realizadas conversões, tratamentos e validações para adequar os dados ao modelo do sistema de destino. Segundo Vercellis (2009), esta etapa visa melhorar a qualidade dos dados coletados, corrigindo valores duplicados, inconsistências e dados ausentes ou com valores inaceitáveis. Por fim, a terceira etapa é a carga, que consiste na inserção dos dados transformados no sistema de destino. Segundo Ribeiro (2022), o processo de carregamento de dados apresenta desafios técnicos que devem ser solucionados pelos profissionais envolvidos no processo, tais como a implementação de processos otimizados para o carregamento de dados, a fim de estruturar o processo de preenchimento.

O processo de ETL é de extrema importância para garantir que as empresas tenham acesso a informações confiáveis e integradas. Isso é fundamental para a tomada de decisão estratégica e para a obtenção de vantagem competitiva. Por isso, é essencial entender as etapas do processo de ETL e aplicá-las de forma adequada em projetos de tecnologia da informação.

Para Abreu (2008), o processo de ETL não é somente um subprocesso para a construção de um DW ou parte de um projeto de BI, mas sim essencial para toda a estrutura de sistemas OLTP (Processamento de Transações Online ou Processamento de Transações em Tempo Real) transacionais para a otimização dos processos de TI nas organizações.

2.5 BUSINESS INTELLIGENCE

Segundo Primak (2008), o conceito de *Business Intelligence* (BI) surgiu na década de 80 no Gartner Group, e é uma categoria ampla de aplicações que têm como objetivo coletar, organizar, analisar, compartilhar e monitorar dados para gerar informações úteis aos usuários de negócios em suas tomadas de decisão.

Claramente, o BI é um processo crucial de coleta, análise e transformação de dados em informações significativas para auxiliar na tomada de decisões. A implementação desse processo envolve a integração de dados de diversas fontes e a utilização de tecnologias de análise de dados para gerar insights valiosos.

De acordo com a Microsoft Azure, as ferramentas de BI podem incluir software de visualização de dados para criar gráficos, além de ferramentas para criar painéis de BI e tabelas de desempenho que exibem as métricas e KPIs do negócio, a fim de fornecer dados importantes à empresa de forma simples.

A análise de dados é uma das principais áreas do BI, e envolve a exploração de grandes conjuntos de dados para descobrir informações úteis. De acordo com Laudon e Laudon (2016), a análise de dados pode ser dividida em duas categorias principais: análise descritiva e análise preditiva. A análise descritiva envolve a análise de dados históricos para entender o que aconteceu no passado, enquanto a análise preditiva utiliza modelos estatísticos e de aprendizado de máquina para prever o que pode acontecer no futuro.

Outro ponto muito importante é a visualização de dados, que é uma técnica crucial para apresentar dados de forma clara e intuitiva, facilitando a identificação de padrões, tendências e insights. Conforme descrito por Few (2012), a visualização de dados pode ser apresentada em diversos formatos, como gráficos, tabelas, mapas e infográficos. As ferramentas de visualização de dados permitem que os usuários vejam as informações de maneira significativa e acionável.

A gestão de desempenho é outro processo importante para o sucesso do BI, pois ajuda as organizações a medir e monitorar o desempenho em relação a objetivos específicos. Como mencionado pela Microsoft Azure, as ferramentas de BI permitem a criação de relatórios, painéis e visualizações de dados, o que proporciona aos funcionários e gerentes o poder de acelerar e melhorar as tomadas de decisão, aumentar a eficiência operacional, identificar potenciais de receita,

descobrir tendências de mercado, apresentar KPIs autênticos e identificar novas oportunidades de negócios.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se configura como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem exploratória e qualitativa. Para atingir o objetivo deste trabalho, a metodologia científica foi adotada como um conjunto de etapas sistemáticas para obter conhecimento confiável e validado sobre o tema em questão. As etapas do método científico adotado neste estudo de caso incluem a referencial teórico, gestão da informação, estudo de caso e discussão dos resultados e estão detalhadas na Figura 1.

Na referencial teórico, foram identificados os principais conceitos relacionados à rastreabilidade no processo produtivo, bem como as melhores práticas para a implementação de um acompanhamento eficiente dos dados.

A contextualização do processo foi consistida em visitas à empresa para entender o fluxo produtivo, identificar os pontos de coleta de dados de rastreabilidade e as possíveis fontes de falhas de processo, através de entrevistas e observações diretas. Com base nas informações coletadas nessa etapa, foi possível ter uma visão geral do processo produtivo, identificar os principais desafios enfrentados pela empresa no que diz respeito à rastreabilidade e definir os objetivos específicos do estudo. Essa etapa de contextualização do processo permitiu uma compreensão mais profunda do contexto em que os dados foram coletados, possibilitando uma análise mais precisa e detalhada dos resultados. Além disso, essa etapa permitiu uma maior interação entre a equipe de pesquisa e a empresa objeto de estudo.

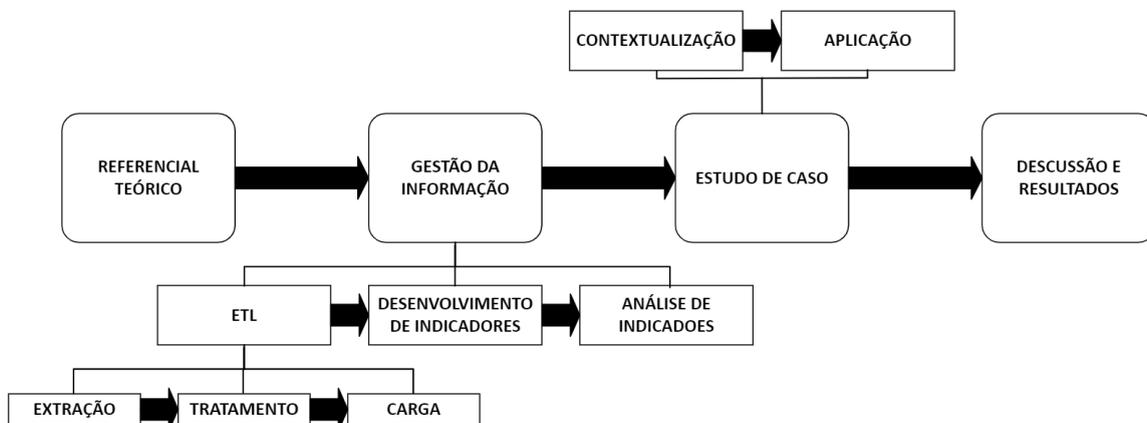
Na gestão da informação, foram utilizadas técnicas de Extração, Transformação e Carga (ETL) para integrar dados provenientes de diferentes fontes em uma única base de dados. A análise dos dados foi conduzida por meio de ferramentas estatísticas, visando identificar possíveis indícios de falhas no processo. Nesta etapa, foram utilizados dados coletados na indústria objeto de estudo, e os resultados foram discutidos em reuniões com as partes interessadas no projeto. Com base nas necessidades identificadas, foram construídos dashboards no Power BI com KPIs de monitoramento dos dados de rastreabilidade.

O estudo de caso permitiu verificar a aderência das necessidades levantadas com os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta e por fim, a

discussão dos resultados apresentou os principais resultados obtidos, além de apontar para as implicações teóricas e práticas do estudo.

É importante destacar que a escolha da abordagem exploratória possibilitou um entendimento melhor da rastreabilidade e a natureza qualitativa permitiu uma análise mais minuciosa das informações coletadas. Ademais, a adoção de um estudo de caso viabilizou a averiguação de uma situação específica, o que permitiu uma análise mais detalhada do tema em pauta. Resultando em uma metodologia que pode ser replicada por outras organizações que buscam aprimorar o monitoramento dos dados de rastreabilidade no processo produtivo.

Figura 1: Fluxograma metodologia científica do trabalho.

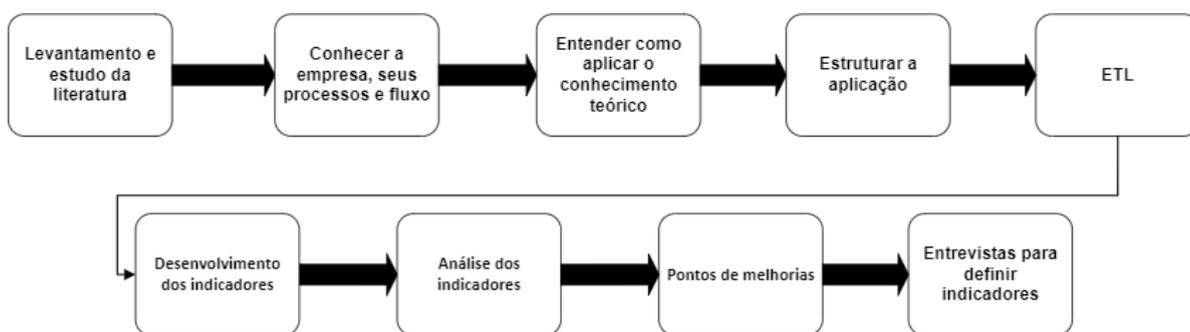


Fonte: Elaboração do autor (2023).

Devido à natureza técnica e multidisciplinar do trabalho, que envolve várias áreas do conhecimento, formando uma fronteira abrangente entre as engenharias, suas áreas e cursos de tecnologia, tornou-se necessária a aplicação de uma abordagem metodológica detalhada. O estudo seguiu o seguinte roteiro: um levantamento e estudo da literatura para obter uma base teórica sólida, a partir desta base se foi necessário conhecer a empresa, entender detalhadamente todo o processo em questão, seu fluxo e entender como o conhecimento obtido na teoria pode ser aplicado, conversando com os colaboradores envolvidos para assim começar a estruturar a aplicação. Após isso, tornou-se necessário entender como é a estrutura dos dados para poder aplicar o passo a passo da gestão da informação contida na metodologia. Nesta gestão da informação, foi organizado todo o ETL, baseado na estrutura padrão de dados e software que a empresa utiliza.

Com o ETL completo e os dados na ferramenta de BI utilizada pela empresa, foi levantado, a partir de entrevistas com as partes interessadas, quais indicadores eram mais viáveis e de maior valor de acordo com o tempo para o estudo e a robustez da informação coletada. A partir dos indicadores prontos, foi possível analisar e, junto com o conhecimento obtido sobre a empresa e seus processos, discutir os resultados obtidos e encontrar os pontos de melhoria nos processos. Conforme ilustrado na imagem abaixo:

Figura 2: Fluxograma metodologia aplicada no trabalho..



Fonte: Elaboração do autor (2023).

4 GESTÃO DA INFORMAÇÃO

Para uma melhor compreensão do fluxo metodológico, por ser um tema mais técnico, o capítulo gestão da informação da pesquisa foi dividido em ETL, desenvolvimento de indicadores e análise de indicadores.

4.1 EXTRAÇÃO DO DADO

O primeiro passo é conhecer o dado, deve-se conhecer bem e estar definido de onde o dado foi coletado e garantir que sejam representativos e confiáveis para o estudo. Segundo Ribeiro (2022), estas informações são adquiridas por meio de rotinas de extração que fornecem dados idênticos ou alterados em relação à fonte original. Quanto maior for o volume de dados, mais tempo será necessário para realizar a atividade de extração.

A etapa crucial da análise de dados é a organização dos mesmos, pois isso possibilita que o analista possa visualizá-los e compreendê-los de maneira clara e objetiva. É fundamental criar uma estrutura que facilite a manipulação e análise dos dados.

Deve-se garantir que o dado está sendo coletado de forma organizada e estruturada para que possam ser processados e transformados facilmente nas próximas etapas. A extração de dados pode ser feita de várias maneiras, como através de consultas SQL, arquivos de log, serviços web e outras fontes de dados. Além disso, é importante considerar a quantidade de dados a serem extraídos e a frequência da extração, para garantir que o processo seja eficiente, escalável e atenda ao objetivo do estudo. Todos os dados das fontes de dados são extraídos e encaminhados para as restantes atividades de ETL (Ribeiro, 2022, p. 43).

4.2 TRATAMENTO DE DADOS

Nesta etapa é necessário fazer um pré-processamento dos dados e depois sua categorização. São de suma importância pois permitem que os dados brutos sejam organizados e transformados em informações relevantes para a tomada de decisão. Essas etapas incluem desde a limpeza dos dados, remoção de valores

ausentes, normalização e transformação dos dados até a categorização em classes ou grupos.

4.2.1 PRÉ PROCESSAMENTO

O pré-processamento permite a identificação e correção de erros e inconsistências nos dados, como valores duplicados ou ausentes, erros de digitação, entre outros. Essa etapa é fundamental para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos a partir da análise.

4.2.1.1 LIMPEZA DE DADOS

Nesta etapa, os dados são examinados em busca de valores ausentes, inconsistentes ou inválidos. É importante que a limpeza seja realizada de forma criteriosa, pois os resultados da análise serão tão bons quanto os dados utilizados.

A limpeza dos dados corresponde a uma série de tarefas para a modificação ou a eliminação de dados indesejáveis, redundantes, duplicados, inconsistentes ou inválidos, de forma a melhorar a qualidade dos dados (Ribeiro, 2022, p. 44).

4.2.1.2 TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS

Os dados devem ser organizados e estruturados de forma a permitir sua manipulação. Isso pode envolver a conversão de dados categóricos em dados numéricos ou a normalização dos dados para garantir que todas as variáveis tenham a mesma escala. “A transformação dos dados é possível através de diversas funções e regras de ajustes sendo algumas delas: alteração de coluna, alteração de registro, junção de tabelas e criação de novos registros a partir de outros” (Santos, 2022, p. 7).

Segundo Junior (2022), a transformação de dados envolve todo o tratamento de dados, como limpeza, ajuste de formato e mudanças de tipo (texto, inteiro, booleano, etc.), para adequá-los à estrutura que devemos construir. Transformações típicas incluem normalização de dados, remoção de duplicatas, verificação de violações de integridade das limitações do banco, filtragem por expressões regulares (RegEx), que são amplamente utilizadas para detectar facilmente padrões

dentro de textos para correções, classificação, agrupamento e, é claro, a aplicação de qualquer outra função específica.

4.2.1.3 SELEÇÃO DOS DADOS

Nessa etapa, são selecionados os dados que são relevantes para o objetivo da análise. Isso pode envolver a eliminação de dados irrelevantes ou incompletos, bem como a seleção de amostras representativas para a análise.

É nesta etapa que a estratégia da análise em questão é levada em conta, visto que ao selecionar apenas os dados importantes para o estudo gera uma economia de tempo e de recursos, uma vez que não se usa energia para análise de dados que não contribuirão com o resultado final.

4.2.2 CATEGORIZAÇÃO

Os dados devem ser agrupados em categorias relevantes para o objetivo da análise. Isso pode ser feito de forma manual ou utilizando algoritmos de agrupamento, como a análise de cluster. A técnica de categorização é essencial para a análise de dados, pois possibilita o agrupamento dos dados em classes ou categorias com base em características comuns. Tal abordagem torna mais fácil a análise e compreensão dos dados, permitindo a identificação de padrões e tendências relevantes.

Para Klaus, nenhuma unidade de análise pode se encaixar em duas ou mais categorias (KRIPPENDORFF, 2004, p. 132). Já Kimberly Neuendorf argumenta que “deve-se existir apenas uma categoria apropriada para cada unidade codificada. Se existir a possibilidade de múltiplas categorias, então estas devem ser divididas em medidas separadas” (NEUENDORF, 2002, p. 119).

4.3 CARREGAMENTO DO DADO

Durante esta fase, os dados são transformados para se adequarem ao formato do destino e garantir que estejam prontos para uso. Existem vários tipos de técnicas de carregamento de dados, incluindo o carregamento completo e o incremental. O carregamento completo é utilizado quando todos os dados devem

ser carregados em um destino. Já o carregamento incremental é utilizado quando apenas os dados que foram modificados ou adicionados desde a última carga são carregados.

Segundo Ponniah (2011), a fase de carregamento pode demandar um tempo considerável, levantando preocupações quanto à eficiência dessa etapa. Complementando e definindo os tipos de carregamento, ainda de acordo com Ponniah (2011) existem três tipos:

- Carga Inicial: ocorre quando os dados são inseridos pela primeira vez no banco de dados;
- Carga Incremental: somente os dados atualizados são inseridos, permitindo identificar a última vez que os dados foram alterados;
- Carga Completa: acontece quando os dados do sistema de destino são apagados para que todos os dados do sistema de origem sejam carregados novamente.

Além disso, é importante considerar a forma como os dados serão carregados, como o carregamento em lote ou o carregamento em tempo real. No carregamento em lote, os dados são carregados em intervalos regulares, enquanto no carregamento em tempo real, os dados são carregados imediatamente após a extração. Naeem (2020) define os as formas de carregamento como “em tempo real, lotes ou uma combinação de ambos (conhecida como arquitetura lambda):

- Carregamento em tempo real: A captura de dados em tempo real, também conhecida como dados de fluxo contínuo, é útil quando os dados coletados são altamente sensíveis ao tempo. Os dados são extraídos, processados e armazenados assim que são gerados, permitindo tomadas de decisões em tempo real.
- Carregamento em lote: Na captura de dados em lote, os dados são movidos em intervalos agendados e recorrentes. Essa abordagem é benéfica para processos repetíveis, como a geração diária de relatórios.
- Arquitetura lambda: A arquitetura lambda busca balancear as vantagens dos dois métodos mencionados anteriormente, utilizando o processamento em lote para gerar análises abrangentes de grandes conjuntos de dados e o processamento em tempo real para permitir visualizações rápidas de informações urgentes. Isso permite que a

arquitetura atenda às necessidades de diferentes tipos de dados e situações de análise.

Durante a fase de carregamento de dados, também é comum aplicar técnicas de validação e verificação de integridade de dados, para garantir que os dados carregados estejam corretos e consistentes. Isso pode incluir a comparação de dados carregados com dados de origem, bem como a aplicação de regras de negócios e validações de dados.

A forma como o dado é carregado deve se adequar ao objetivo da análise do dado pois impacta diretamente em seu desempenho e resultado. Se for um estudo de dados históricos pode-se usar um carregamento completo em lote único. Já para um relatório diário um carregamento incremental em lotes é a melhor opção, e para um acompanhamento de status de máquina os dados devem ser carregados de forma incremental e em tempo real.

4.4 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES

Nesta etapa é preciso fazer o paralelo entre os objetivos do projeto, com as necessidades dos stakeholders, mapeando as quais as métricas relevantes para o estudo. Esta definição pode ser feita de diversas formas, a depender de cada caso, desde questionários a reuniões de brainstorm são formas de fazer este alinhamento.

É essencial que a empresa possua um indicador de desempenho claramente definido para avaliar se está progredindo em direção ao objetivo estabelecido. A definição adequada do indicador permite identificar onde os esforços devem ser concentrados para alcançar o sucesso.

Após definir quais são os indicadores relevantes, deve-se verificar a viabilidade do desenvolvimento do KPI retirando os que não são viáveis de acordo com os dados coletados.

Por fim, sugere-se ranquear por maior valor agregado os indicadores de modo a entregar primeiro o que promove maior valor e impacto. É recomendável que a primeira entrega ao cliente possua o maior valor agregado, com o objetivo de garantir sua satisfação e fidelização.

4.5 ANÁLISE DOS INDICADORES

A análise de indicadores é uma importante ferramenta para avaliar o desempenho de uma organização ou de um processo específico. Através da análise de indicadores, é possível identificar tendências, padrões e pontos de melhoria que podem ser implementados. Deve-se escolher, ao fazer a análise, uma ou mais das diferentes técnicas e metodologias que podem ser utilizadas para analisar os dados, como a análise estatística, análise de tendências, análise de variação, análise de correlação, entre outras.

Estas análises serão a base para planos de ação desenvolvidos com intuito de implementar ações corretivas que melhorem o resultado do indicador. Outro ponto importante é a manutenção de um processo de monitoramento contínuo dos indicadores, visando garantir que as melhorias implementadas estão produzindo os resultados desejados e a identificação contínua de necessidade de melhorias.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

5.1.1 GERAL

A metodologia proposta neste estudo será embasada na base de dados de rastreabilidade dos dados de uma etapa da produção de uma empresa brasileira do setor automobilístico. Trata-se de informações não abertas ao público, porém foi disponibilizada para este estudo com a premissa de ser anonimizada usando uma máscara de dados. Ou seja, todos os dados utilizados no estudo são realísticos, mas serão anonimizados para que não possam ser vinculados à empresa específica ou revelar informações sensíveis sem interferir na qualidade da pesquisa.

Hoje, na empresa, os únicos indicadores que são acompanhados e verificados são os de produtividade, na qual a produtividade é medida em quantidade de produtos produzidos / horas trabalhadas por turno. O indicador de desperdício não é verificado atualmente, mas pode ser calculado por: quantidade de produtos produzidos reprovados (com defeito) / quantidade total de produtos produzidos. Destaca-se que, até então, antes da implantação da rastreabilidade não se tinham dados confiáveis, precisos, atualizados, completos e de forma acessível, que pudessem embasar a criação deste novo KPI de monitoramento.

5.1.2 O PROCESSO

Cada vez mais, informações confiáveis mostram-se necessárias e vitais para que tomadas de decisões técnicas e gerenciais possam ser tomadas; neste trabalho, elas são importantes no que se refere à qualidade do processo produtivo. É fundamental fornecer à organização informações que permitam avaliar as forças e fraquezas dos seus produtos, com o intuito de diferenciá-los no mercado, além de usar essas informações para avaliar a qualidade da fabricação do produto segundo as suas informações de fabricação.

Através de um projeto que une rastreabilidade com código de identificação *Data Matrix* (DM), termo explorado no capítulo 2.2, e Indústria 4.0, todos os dados da produção do produto está disponível para análise e futuramente poder ser feito

um cruzamento desses dados de fabricação que se encontraram em um sistema, com os dados coletados em campo quando o produto falhar.

As análises e o cruzamento citado são possíveis graças ao código único e exclusivo gravado em DM na parte de trás do produto, transformando sua embalagem atual em uma embalagem inteligente.

O DM é um código de barras bidimensional de resposta rápida, criado inicialmente para controlar a produção de peças automotivas. Hoje em dia, esse código é utilizado para diversos fins e pode ser lido por câmeras de celulares desde que possuam um aplicativo específico para tradução/leitura. Para fazer a leitura, é preciso abrir o aplicativo e posicionar a câmera em frente ao código.

Os dados de fabricação auxiliam no processo de rastreabilidade através de uma estrutura contendo os produtos, as fases dos processos de produção de cada produto, e informações dos dados a serem rastreados em cada fase. Todos os dados das etapas da cadeia de produção são armazenados, visando a disponibilização deles, para cruzamento com as informações de campo e análises do processo produtivo.

Esses dados são atrelados ao DM gravado através de câmeras leitoras deste código após cada máquina no processo de produção, mostrado na Figura 2, que fazem a leitura do código do produto e juntam aos parâmetros da máquina, do momento que o produto esteve nela, salvando-os em um banco de dados estruturado na nuvem. Neste banco de dados só é salvo as informações de até onde o produto foi aprovado, ou seja, se em algum dos processos produtivos o produto for reprovado, o último dado que constará sobre ele no sistema será o do processo anterior à reprovação.

Figura 3: Posicionamento dos pontos de coleta de dados de rastreabilidade na linha de produção.



Fonte: Elaboração do autor (2023).

Ao cruzar esses dados é possível analisar a situação do processo produtivo, identificar os principais pontos de melhoria e propor um modelo de gestão desses dados coletados, exemplificado na Figura 3. Para isso é importante entender melhor dois pontos: o fluxo do processo e a formação do data matrix único e exclusivo.

Figura 4: Fluxo do processo de rastreabilidade



Fonte: Elaboração do autor (2023).

5.1.3 DATA MATRIX

A estrutura atual do código é: "Referência do produto + data da marcação(dd/mm/aa) + hora da marcação (hh:mm) + turno de trabalho + linha de produção + serial sequencial de 4 dígitos." Com isso forma-se um código com informações importantes sobre o produto e sua fabricação e ao mesmo tempo é único e exclusivo. Com o aplicativo de leitura apropriado, utiliza-se atualmente o QRbot, é possível fazer a leitura do exemplo de código mostrado na Figura 04.

Este é o código que será lido em cada etapa do processo produtivo e será o código único e exclusivo de cada produto.

Figura 5: Exemplo de código data matrix usado

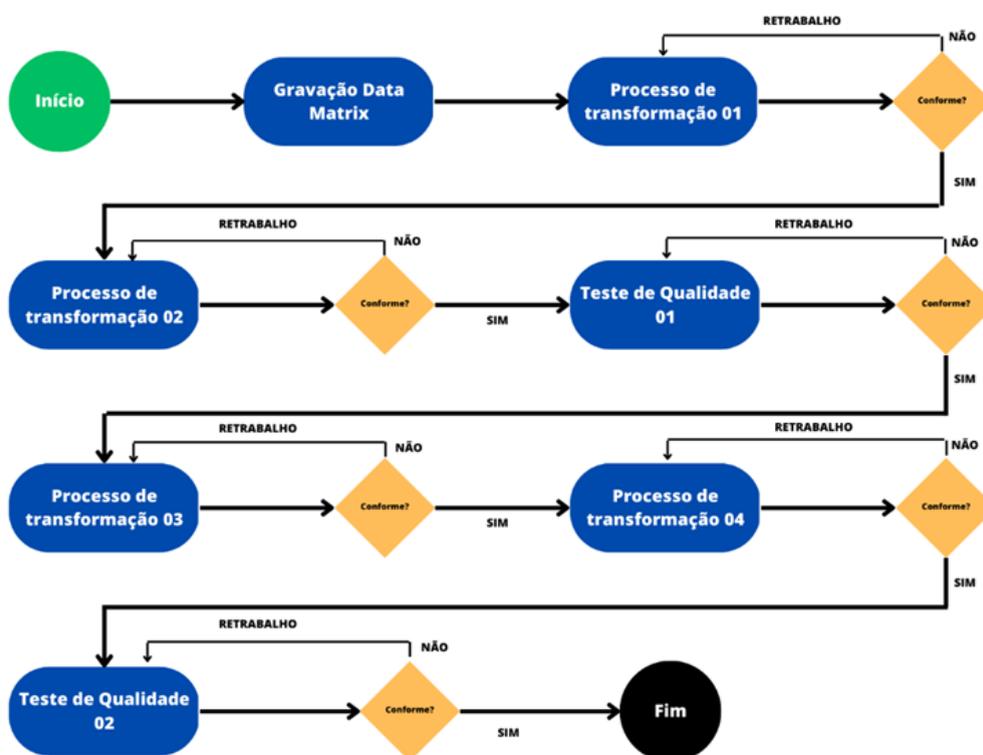


Fonte: Elaboração do autor (2023).

5.1.4 FLUXO

O processo de fabricação conta com 7 etapas sendo elas uma etapa que é a marcação do código no produto, 2 etapas de verificação de qualidade dos passos anteriores e 4 etapas de transformação do produto seguindo o fluxo abaixo, Figura 5:

Figura 6: Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Elaboração do autor (2023).

O fluxo deve obedecer a algumas premissas:

- Caso o produto não seja passível de retrabalho é descartado como refugo da produção;
- Todos os produtos devem passar por todos os processos em ordem;
- Cada processo é pré-requisito para o próximo;

5.2 DADOS

Os dados são coletados, monitorados e validados pela equipe de engenharia industrial e engenharia de qualidade da empresa. O sistema de coleta de dados é robusto e conferido segundo um calendário interno da organização, para atestar sua genuinidade, robustez e veracidade. Como se trata de dados de rastreabilidade da produção, os dados são atualizados em tempo real e são alocados apenas em um banco de dados interno da empresa.

Hoje, essas informações não estão sendo utilizadas para alimentar KPIs, estão sendo apenas armazenadas devido a falta de uma equipe específica para tratamento e análise dos dados. Os KPI 's utilizados atualmente são alimentados por tabelas preenchidas a mão e lançadas em uma tabela do Excel. No entanto, o não uso das informações da rastreabilidade para alimentação de indicadores já existentes ou criação de novos omitem várias informações mais precisas sobre o processo, tais como produtividade por máquina e informações detalhadas do que aconteceu em toda linha do tempo da produção e suas correlações. O que acaba por limitar a análise e geração de novos conhecimentos acerca de toda a complexidade que é uma linha de produção. Os indicadores de produtividade geral da linha e desperdício serão o ponto de início e direcionador para o estudo. Que não vai se limitar à visão geral já abordada pela empresa, mas sim, se aprofundar nas análises que as informações podem proporcionar.

A base de dados disponibilizada para estudos abrange todos os dados das 6 etapas de montagem dos produtos que passam em uma das “N” linhas de produção da empresa, contendo data e hora e todos os parâmetros de cada máquina que o produto passou no período de cinco dias de produção. Os dados brutos são organizados por ID data matrix, data/hora da leitura, máquina, parâmetro, valor, id de leitura e sincronia.

Devido à irrelevância para o estudo, por não agregarem informações pertinentes aos objetivos, algumas informações não serão utilizadas como mostrado

em destaque na tabela 01. Assim, sendo considerado apenas as informações de ID data matrix, data/hora da leitura, máquina.

Tabela 1: Colunas contidas na base de dados bruta

Colunas contidas na base de dados bruta
ID Leitura
ID data matrix
Data / hora Leitura
Máquina
Parâmetro
Valor
Sincronia

Fonte: Elaboração do autor (2023).

5.3 TRATAMENTO DE DADOS

Para se obter análises mais precisas e de melhor entendimento foi preciso uma manipulação e tratamento na base de dados para assim ser possível uma melhor categorização dos dados, aumentando a profundidade do estudo. O dado do data matrix é uma string que contém as informações iniciais e exclusivas de cada produto fabricado, a sua formação segue um padrão que ao ser quebrado nos retorna com os valores de modelo do produto, data/hora do início da produção do produto, turno de produção, linha de produção e sequencial de produção do item.

O tratamento do dado foi feito todo a partir do banco de dados original acessado pelo software Debeaver. Como todo o banco está estruturado no SQL Server, a linguagem utilizada para o tratamento do dado foi a SQL, com isso foi possível tanto mascarar o dado, quanto gerar uma view dinâmica das informações dos últimos 7 dias de dados atualizados a cada 1 hora. Esta view foi criada pela equipe de TI da empresa a pedido especial para este estudo, mas devido às diretrizes internas de sigilo a informação não é possível apresentá-la publicamente. Sendo assim, este trabalho se embasará em uma exportação em formato CVS do dado tratado no SQL e estudado de forma estática.

Como resultado obteve-se a organização dos dados com as seguintes classificações: modelo do produto, data/hora do início da produção do produto, turno de produção, ID data matrix, data/hora da leitura, máquina. Como mostrado na tabela 02:

Tabela 2: Colunas da base de dados tratada

Colunas contidas na base de dados manipulada	
ID data matrix	Modelo do produto
Data / hora Leitura	Data / hora produto
Máquina	Turno de produção

Fonte: Elaboração do autor (2023).

Além da manipulação, foi feita a categorização de algumas classificações para evidenciar, restringir e padronizar o estudo para não tornar a análise muito complexa e impossibilitar o estudo.

Tabela 3: Categorização usada no estudo

Mês	Dias			Turno	Processo	Modelo
Janeiro	1	2	3	1	P01	A
Fevereiro	4	5	6	2	P02	B
Março	7	8	9	3	P03	C
Abril	10	11	12		P04	D
Maio	13	14	15		P05	
Junho	16	17	18		P06	
Julho	19	20	21			
Agosto	22	23	24			
Setembro	25	26	27			
Outubro	28	29	30			
Novembro	31					
Dezembro						

Fonte: Elaboração do autor (2023).

5.4 INDICADORES

Após definir, manipular e tratar as informações contidas no banco de dados foram feitas entrevistas com os responsáveis pelas partes interessadas que farão uso direta / indiretamente das informações do banco de rastreabilidade. Essas

partes são compostas por engenharia de processos, engenharia de produto, engenharia de qualidade e engenharia de campo e a partir das entrevistas foram definidas algumas linhas de estudo e indicadores a serem detalhados com intuito de estabelecer as variáveis envolvidas com maior valor agregado de análise. Restringindo e direcionando a análise para propor a metodologia de análise mais enxuta, precisa e de maior valor possível.

Foram levantados os seguintes pontos para análise segundo cada área interessada:

- Engenharia de processo – Status de funcionamento das Máquinas em tempo real, estudo de produtividade da linha, máquina, modelo do produto e turno;
- Engenharia de Qualidade – Quantidade de produtos reprovados por máquina (índices de desperdício detalhados), estudo de anomalias no processo, estudo de retrabalho, gráficos de controle dos principais parâmetros por máquina.
- Engenharia de Campo – Estudo de modo de falha em campo x parâmetros de fabricação, predição de possíveis falhas futuras e identificação de ilhas de risco.

Porém, a análise de todos os pontos levantados além de ser inviável devido ao tempo para o estudo, a coleta de informações ser recente e alguns pontos só são passíveis de análise após os produtos apresentarem falha em campo, voltarem em garantia e formar um banco de dados robusto o suficiente para análise. Sendo assim, como mostrado na Tabela 04, os itens em destaque foram retirados deste estudo e ficam apresentados como sugestão para estudos futuros.

Tabela 4: Pontos de interesse levantados pelos stakeholders

Engenharia de Processo	Engenharia de Qualidade	Engenharia de Campo
Status de funcionamento das Máquinas em tempo real	Quantidade de produtos reprovados por máquina (índices de desperdício detalhados)	Estudo de modo de falha em campo x parâmetros de fabricação
Estudo de produtividade da linha, máquina, tipo de bateria e turno	Estudo de anomalias de fluxo	Predição de possíveis falhas futuras
	Estudo de retrabalho	Identificação de ilhas de risco
	Gráficos de controle dos principais parâmetros por máquina	

Fonte: Elaboração do autor (2023).

5.5 MODELO PROPOSTO

5.5.1 STATUS DE FUNCIONAMENTO

O status operacional de um equipamento é uma medida importante para avaliar sua eficiência e produtividade, além de identificar possíveis falhas ou problemas que possam afetar a qualidade e segurança do produto final (SROUR et al., 2015). O status de funcionamento é a entrega mais rápida e simples do estudo. Consiste na definição do status de funcionamento de cada máquina do processo, com a regra de que se uma máquina está a mais de 5 minutos sem processar nenhum produto é considerada como máquina parada.

5.5.2 PRODUTIVIDADE

Com o intuito de se aprofundar as análises nos dados de rastreabilidades da linha de produção, este estudo vem a propor uma abordagem voltada à investigação de cada uma das diversas informações atreladas a cada produto e a influência de cada uma dessas informações no fluxo produtivo, a partir da visão e necessidade levantada pelas partes envolvidas no processo. Ao invés de olhar apenas para os

indicadores de produtividade e desperdício genérico da linha, que já está consolidado e seu estudo superficial já é dominado pelas partes interessadas.

Para tanto, para embasar a análise e definição do modelo proposto os estudos elaborados pelos autores Onwubiko & Onwubiko (2019) e Fischmann & Zilber (2000) foram utilizados. De acordo com Onwubiko e Onwubiko (2019), é viável adquirir conhecimentos adicionais e novos que possam ser empregados para uma explicação mais precisa e abrangente de um indicador, por meio de uma análise mais minuciosa das informações que o compõem, E conforme Fischmann e Zilber (2000) demonstram, um indicador apropriado deve ter a capacidade de indicar, além de um valor que reflita o que aconteceu em determinado período de tempo, condições que permitam avaliar a tendência e a direção na qual um determinado objetivo está caminhando, tendo em vista a propensão e tendência implícitas no próprio indicador.

Como um dos objetivos deste estudo é entender melhor as informações que compõem os indicadores gerais da linha, no intuito de entender o que os influencia para poder desenvolver mecanismos de monitoramento da qualidade dos indicadores. Foi feita uma adaptação do modelo de Onwubiko & Onwubiko (2019), ao se aprofundar nas causas que influenciam nos indicadores de produtividade e desperdício. O objetivo é mostrar a influência de cada categorização de forma individual sob os resultados da linha e entender se sua análise oferece informações capazes de embasar tomada de decisões estratégicas e que influenciam no resultado.

5.5.3 DESPERDÍCIO

A análise do desperdício foi feita a partir do cálculo da diferença entre a quantidade de produtos que passaram, iniciaram o processo subtraído da quantidade de produtos que passaram pela última etapa do processo. E seu horizonte foi expandido para uma análise mais profunda de acordo com as características de cada turno. Utilizar indicadores de desperdício é crucial para avaliar a eficácia dos processos. Esses indicadores devem ser definidos com base nas causas raiz dos desperdícios identificados e monitorados regularmente para assegurar a melhoria contínua do processo.

6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

6.1 STATUS DE FUNCIONAMENTO

Conforme levantado a necessidade da engenharia de processo de identificar quando alguma máquina do processo está parada (a mais de 5 minutos sem passar nenhum produto). Foi criada uma visualização no Power BI com atualização automática agendada a cada 5 minutos durante o horário administrativo como mostrado na Figura 06. De acordo com Jeffrey Liker e Gary Convis (2021 p51), é fundamental que sejamos capazes de interpretar informações em tempo real e agir rapidamente para implementar soluções eficazes, a fim de resolver problemas de maneira eficiente.

Consequentemente, como existem mais de 10 linhas de produção, o monitoramento do status de funcionamento se torna possível a partir do painel compartilhado com as partes interessadas. Possibilitando o acompanhamento de diversas formas e em qualquer lugar com acesso à internet, seja do celular até em uma sala de TV 's de monitoramento.

O painel conta com as informações de status de funcionamento das máquinas (verde para em funcionamento e vermelho para máquina parada e a quantidade de produtos que passaram em casa processo nos últimos 5 minutos). Esta visualização não traz consigo informações pertinentes para um estudo mais aprofundado, mas é uma entrega de alto valor para o monitoramento do processo. Sendo uma possível ferramenta de acompanhamento e identificação de processos problemáticos a partir de observações do dia a dia, sendo poderosa ao potencializar a reação do ver e agir. Este painel será utilizado a todo momento pela equipe de engenharia de processo.

Como falado por Eliyahu M. Goldratt em seu livro "A Meta", Se você não entendeu como um sistema funciona, então dele não se entende nada. E a maioria das coisas importantes não funcionam, porque, se elas funcionam, alguém já as consertou. E se não estão funcionando, você tem de se tornar capaz de consertá-las.

"Ver e agir são habilidades fundamentais para melhorar a qualidade e a eficiência do processo produtivo. Aqueles que têm essas habilidades são capazes

de implementar mudanças positivas e garantir o sucesso a longo prazo da empresa." - James Womack e Daniel Jones, Lean Thinking (2007) (página 4)

Figura 7: Status de operação das máquinas e quantidade de produtos processados, nos últimos 5 minutos.

STATUS MÁQUINA E QUANTIDADE DE PRODUTOS POR PROCESSO NOS ÚLTIMOS 5 MINUTOS		
	■ PROCESSO ONLINE/OPERANDO	■ PROCESSO OFFLINE/PARADO
PROCESSO01	PROCESSO 02	PROCESSO 03
5	6	
PROCESSO 04	PROCESSO 05	PROCESSO 06
6	6	1

Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.2 PRODUTIVIDADE

6.2.1 PRODUTIVIDADE REAL DA LINHA

A produtividade medida na empresa é calculada em produto / homem * horas de trabalho. A produtividade atual é calculada a partir do número total de produtos que finalizaram o processo produtivo, já a real é levado em consideração o número de produtos que passaram e foram aprovadas por todo o fluxo de produção e assim considerados produtos finalizados e validados pelo controle de qualidade para venda. Fatores-chave importantes para o sucesso na indústria de manufatura são, além da confiabilidade da entrega e ênfase na sustentabilidade da produção, uma qualidade de produto e produção (Wessel et al., 2023).

Para uma análise eficaz de produtividade da linha e condizente com as necessidades gerenciais do processo produtivo, foi necessário se ter uma visão geral a linha de produção destinada a esfera gerencial e seu detalhamento por

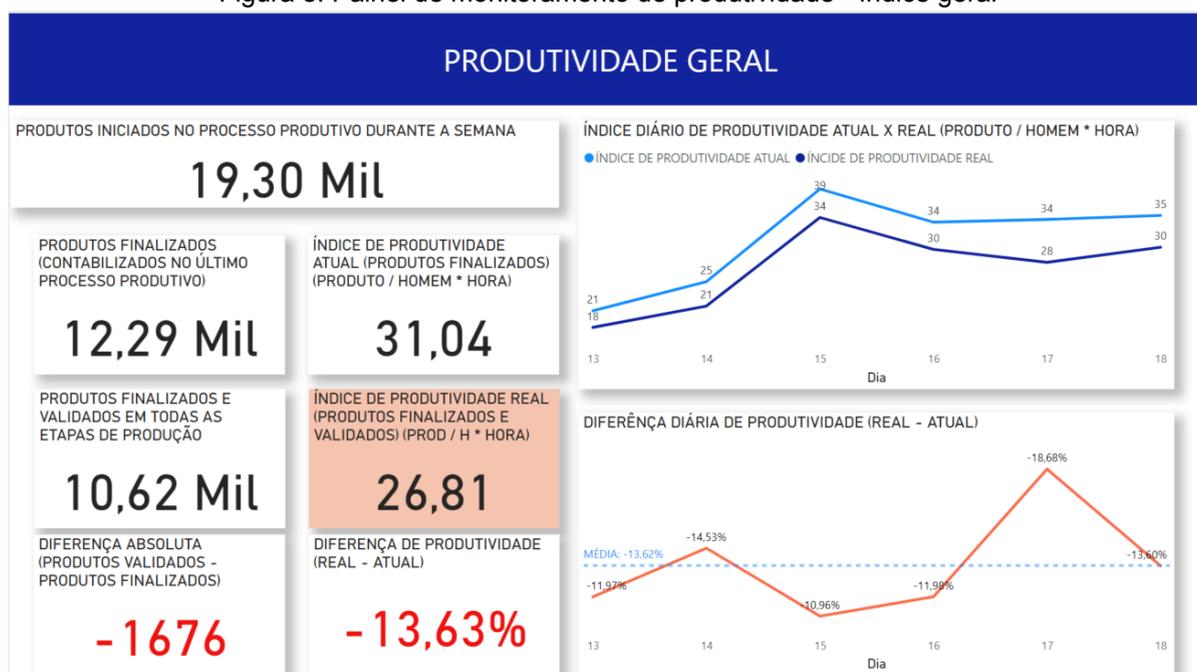
turnos para que seja possível a tomada de decisões e geração de planos de ações adequados para cada supervisor de turno de produção.

Braguittoni (2017) destaca a relevância dos KPIs na comparação entre as metas estabelecidas e as conquistadas, os quais podem indicar se o desempenho da organização em determinado processo foi satisfatório ou não. Além disso, segundo o autor, os painéis de controle (dashboards) são conjuntos de KPIs que geralmente contêm gráficos e tabelas como parte de sua interface de visualização.

6.2.1.1 GERAL

A Figura 7 mostra as informações gerais de produtividade categorizadas por dia de produção e processo produtivo. Neste painel os stakeholders devem se atentar ao card de índice de produtividade real, este deve ser o valor oficial contabilizado na meta de cada linha produtiva. O outro card que está diretamente ligado a questão da produtividade e impacta negativamente o índice é a existência de itens processados no final da linha produtiva sem serem aprovados em todas as etapas produtivas anteriores, este indicador deve ser zero e qualquer variação no valor deve ser gerado um plano de ação para sua tratativa.

Figura 8: Painel de monitoramento de produtividade - índice geral



Fonte: Elaboração do autor (2023).

Como mostrado acima o índice de produtividade medido atualmente é de 31,04 produto/homem*hora, mas que na realidade deveria ser de 26,81 produto/homem*hora caracterizando uma queda percentual de 13,63% da produtividade quando calculada apenas pelos produtos que realmente foram finalizados e aprovados pelo padrão de qualidade da fábrica.

Observa-se também, que este índice varia diariamente e conseqüentemente por turnos. Corroborando com o objetivo deste trabalho de entregar uma ferramenta de auxílio monitoramento da produção.

Esta mesma análise foi feita para as categorizações de turnos como mostrado nas Figuras 8 a Figura 10, com isso é possível observar características de cada turno e validar que o resultado encontrado no painel de índice geral representa a realidade ou se foi influenciado por alguma ocorrência aleatória na semana estudada.

6.2.1.2 TURNO A

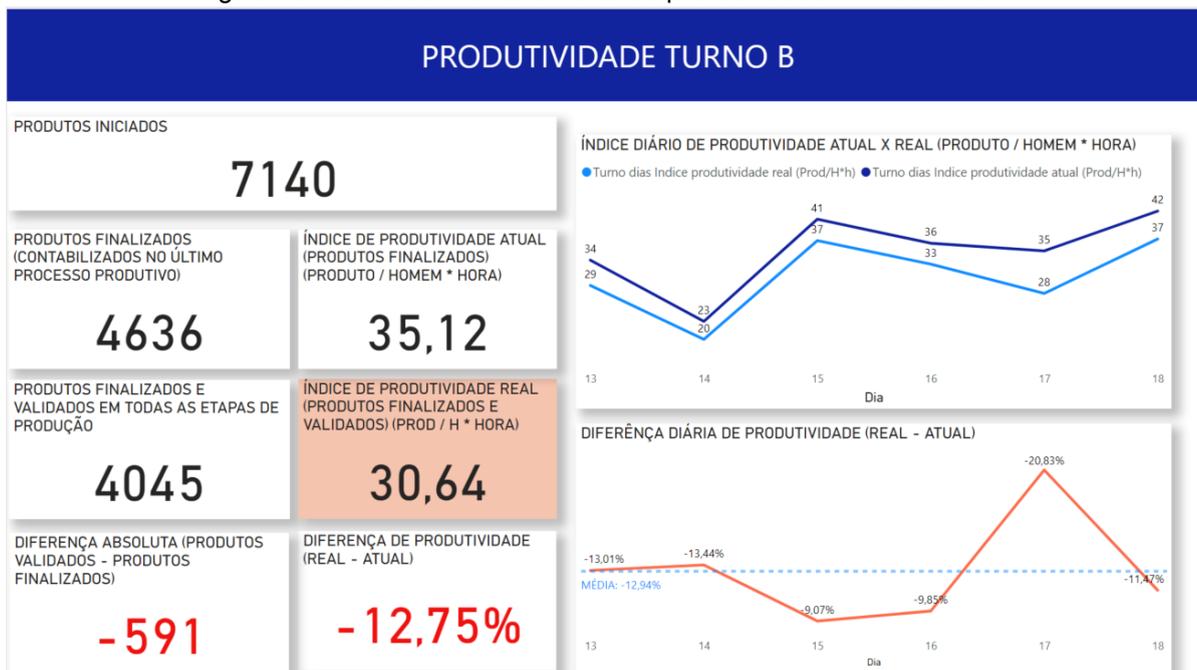
Figura 9: Painel de monitoramento de produtividade - índice turno A



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.2.1.3 TURNO B

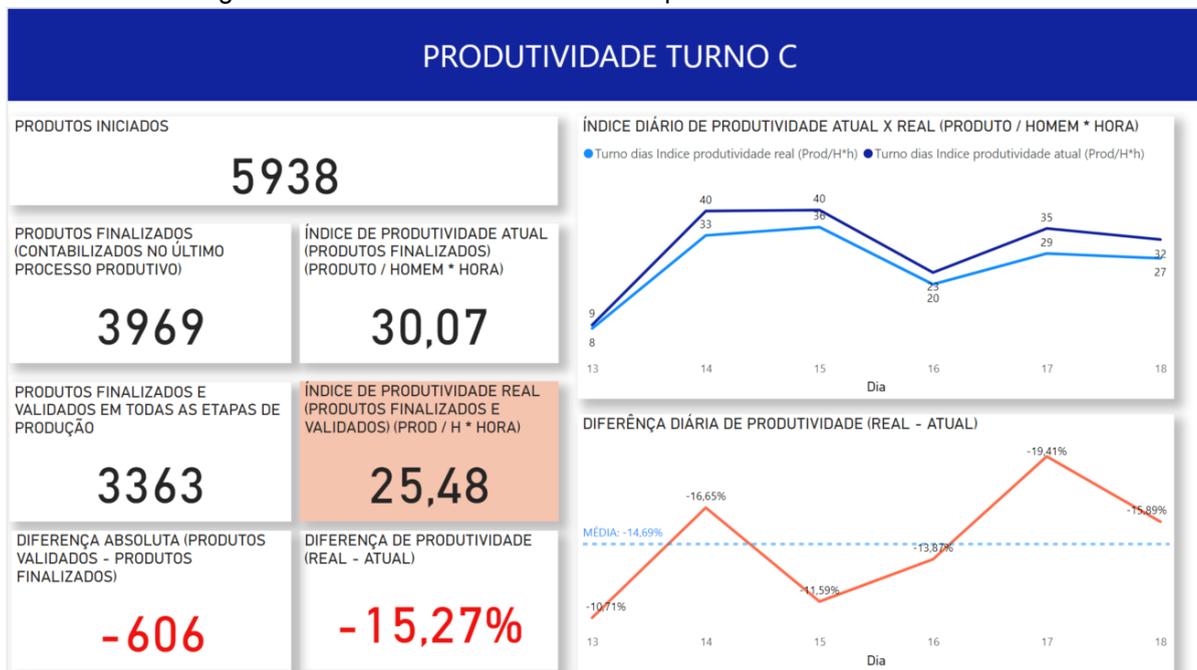
Figura 10: Painel de monitoramento de produtividade - índice turno B



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.2.1.4 TURNO C

Figura 11: Painel de monitoramento de produtividade - índice turno C



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.3 DESPERDÍCIO

Seguindo a mesma justificativa da produtividade, foi feito uma análise do desperdício geral e por turno da linha de produção.

Esta parte do estudo vem agregar de forma um pouco diferente, pois o dado de desperdício não é usado como KPI nos estudos atuais da linha, ou seja, nem o dado constatado como atualmente coletado era utilizado nos estudos da linha de produção. Visto que como o projeto de rastreabilidade está implantado a apenas 6 meses e não há um colaborador designado para analisar os dados obtidos no projeto, apenas os dados de produtividade usando a câmera no final da linha eram utilizados.

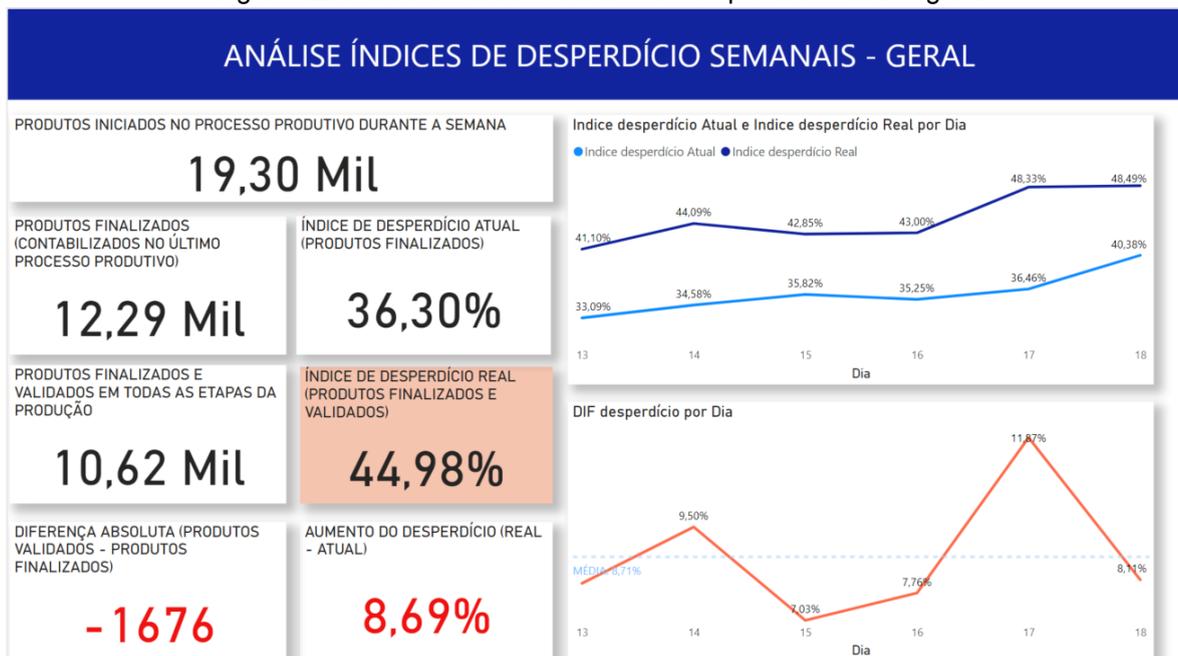
O desperdício da linha é calculado por (quantidade de produtos que iniciaram o processo produtivo - a quantidade de produtos que finalizaram o processo produtivo) / quantidade de produtos que iniciaram o processo produtivo.

6.3.1 GERAL

Na Figura 11 mostra a relação entre o desperdício real da linha e o desperdício que seria utilizado seguindo a forma atual de observar os dados pela empresa. Observe que o índice aumenta em 8,69% neste intervalo de tempo estudado e varia conforme dias e turnos como visto também ocorre no estudo da produtividade. Os indicadores de aumento do desperdício e índice de desperdício real deve ser observado pela equipe de gestão pois evidenciam dois pontos importantes, um é a existência de itens chegando no final da linha de produção sem serem aprovados em todas as etapas produtivas, ou seja o esperado é que o indicador de aumento do desperdício seja zero e o outro é um indicador que impacta diretamente na produtividade e no resultado de custos da empresa. Sugere-se como meta de desperdício um valor máximo de 26,5%, valor calculado em cima de um processo produtivo cujo cada processo tem como seu indicador tolerável de até 5% de desperdício.

Além deste painel, seguindo a mesma justificativa dos painéis de análise de produtividade anteriormente mostrados, foram desenvolvidos os painéis de análise dos índices de desperdícios semanais categorizados por turnos como mostrado nas Figuras 12,13 e 14.

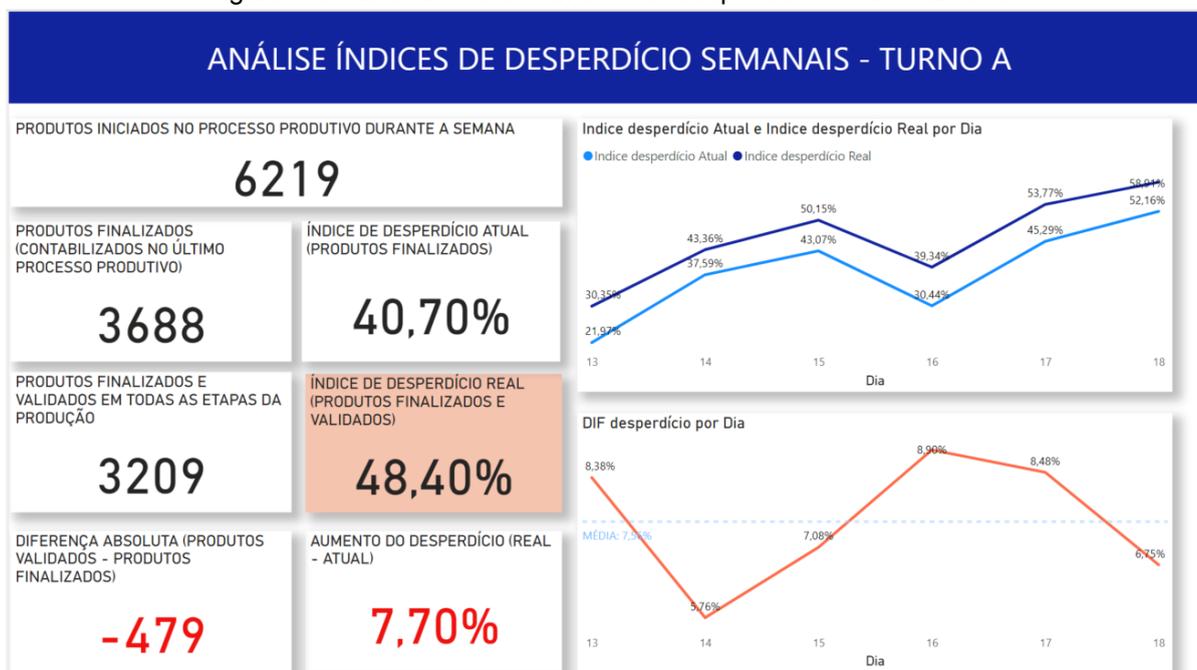
Figura 12: Painel de monitoramento de desperdício - índice geral



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.3.2 TURNO A

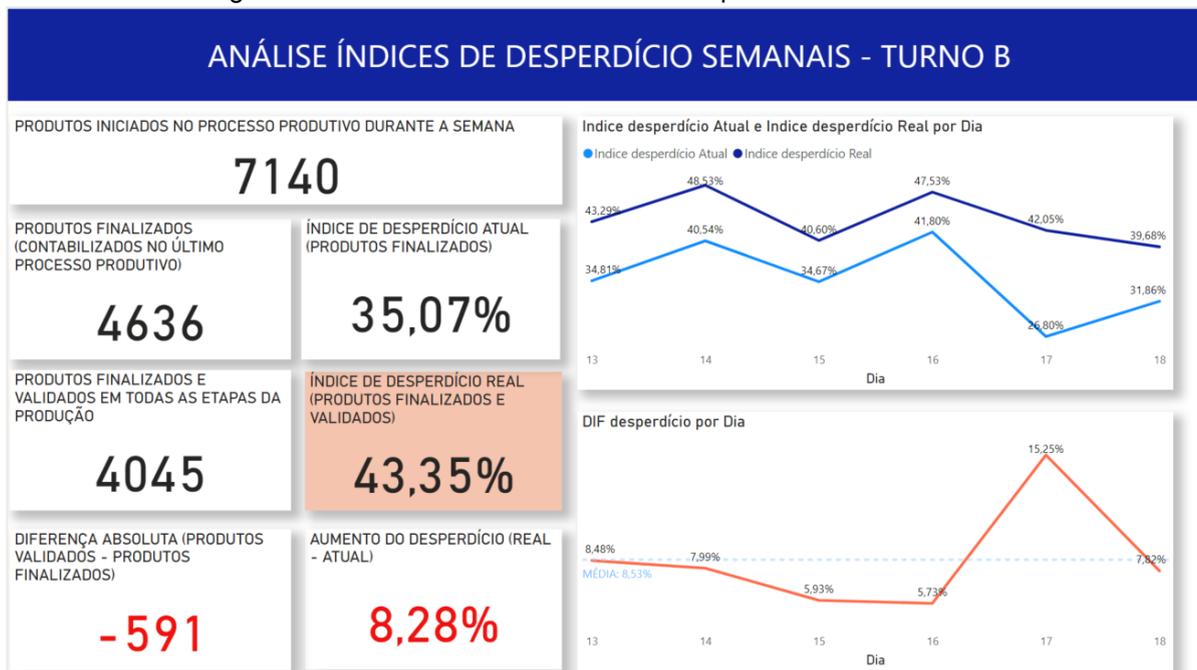
Figura 13: Painel de monitoramento de desperdício - índice turno A



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.3.3 TURNO B

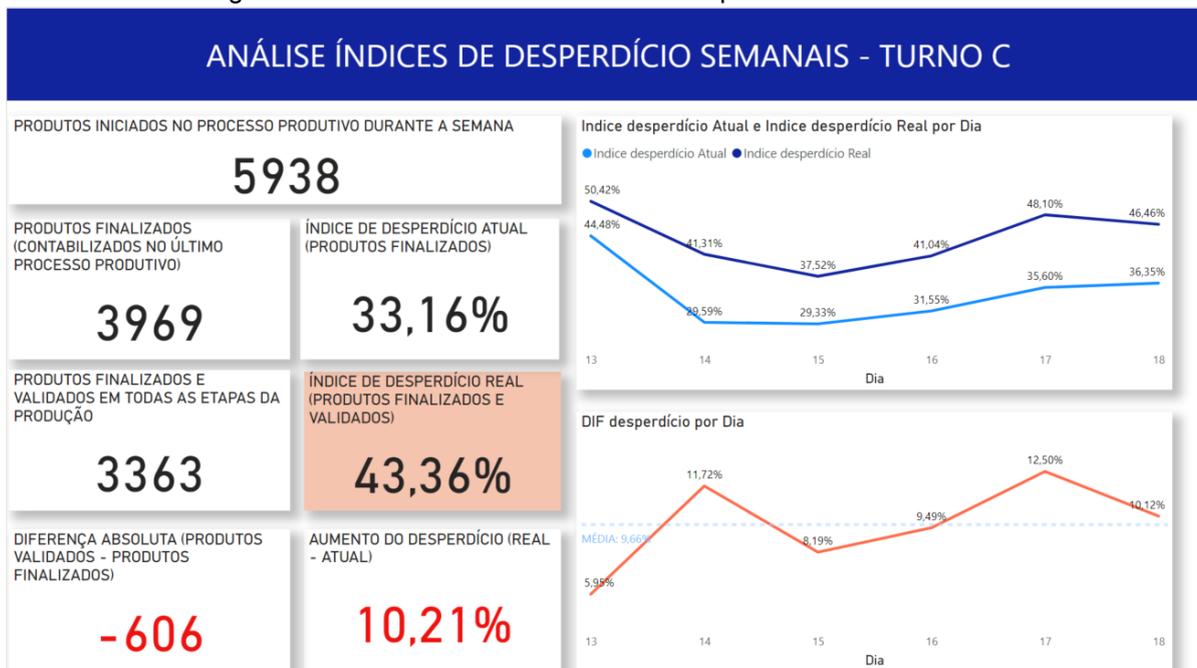
Figura 14: Painel de monitoramento de desperdício - índice turno B



Fonte: Elaboração do autor (2023).

6.3.4 TURNO C

Figura 15: Painel de monitoramento de desperdício - índice turno C



Fonte: Elaboração do autor (2023).

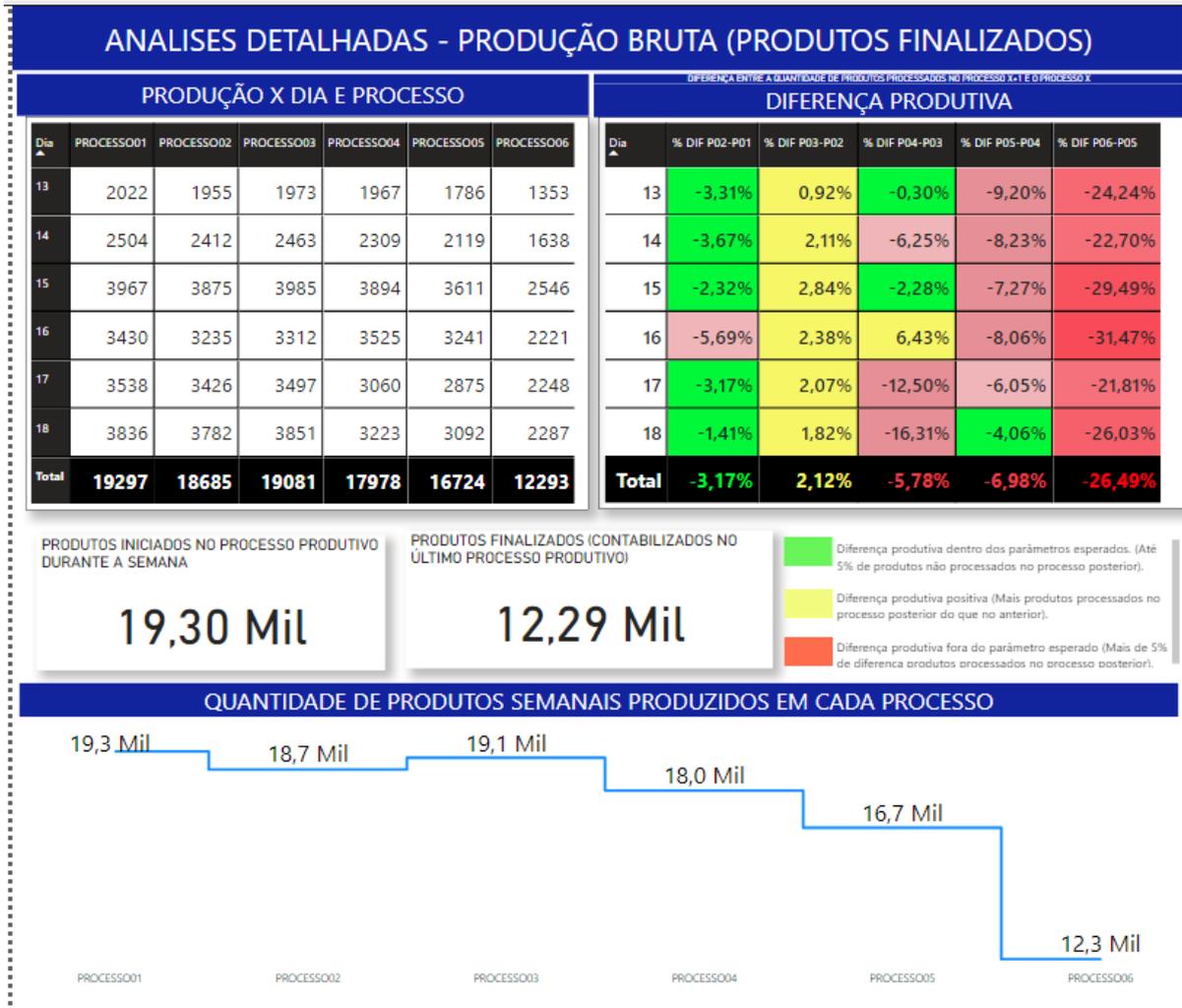
6.4 VISUALIZAÇÃO DE POSSÍVEIS ANOMALIAS / FALHAS

Nesta parte do estudo foi feito um detalhamento da produção diária a fim de encontrar possíveis anomalias e falhas entre os processos produtivos e levantar suas possíveis causas características. Sendo assim, uma parte que demanda mais conhecimento prático do dia a dia do processo.

Primeiramente foi desenvolvido um painel de detalhamento como mostrado na Figura 15, a partir da necessidade de análise da quantidade de produtos reprovados por máquina solicitado pela engenharia de qualidade. Este painel conta com uma tabela de informações sobre a quantidade de itens que foram processados em cada etapa da produção (Produção x Dia e Processo), subentende-se que ao avançar a cada etapa na produção, como cada etapa é pré-requisito para a sua posterior, a quantidade de itens na etapa posterior seja sempre igual ou inferior a quantidade de itens na etapa anterior. Para atender esta necessidade de monitoramento a matriz de diferença produtiva foi criada, onde nela observa-se percentualmente qual foi a variação de quantidade de produtos manufaturados entre os processos produtivos evidenciar em verde quando a divergência (reprovação) está dentro dos 5% toleráveis em cada processo, em vermelho se ultrapassar os 5% caracterizando uma anomalia de processo fora de controle e em amarelo se a diferença for positiva ou seja, se no processo posterior foram transformados mais itens do que no anterior, caracterizando uma anomalia atrelada ao processo produtivo. Por fim, um gráfico de linhas em degrau evidenciando graficamente o que os índices da tabela de diferença produtiva demonstram.

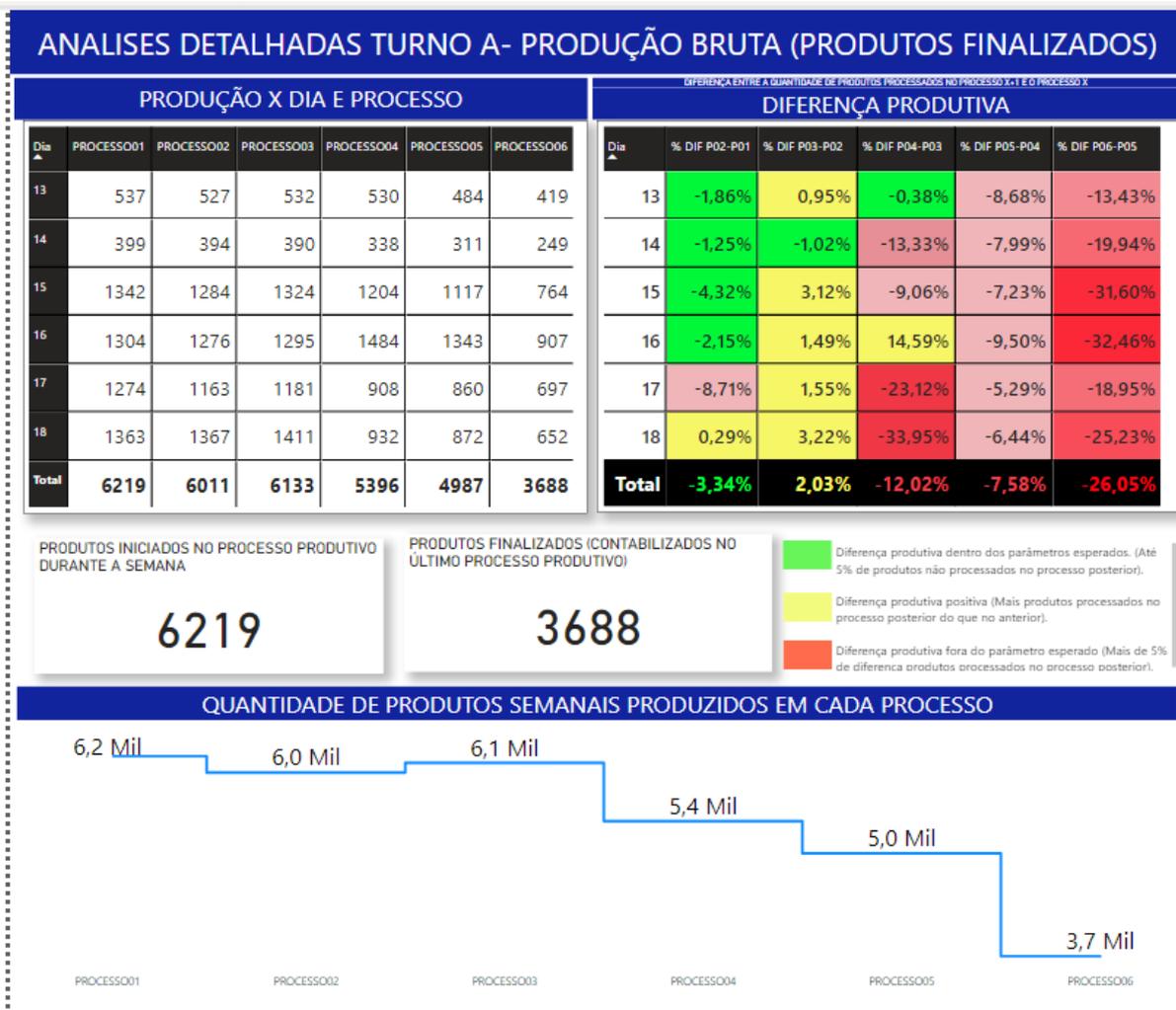
Neste painel os stakeholders devem se atentar aos indicadores em cores da tabela de diferença produtiva. Observar quais processos estão no limiar de sair da zona limite de diferença produtiva e quais estão fora desta zona. Para assim gerar o plano de ação necessário para cada um dos processos. Além disso, o gráfico de linhas em degrau será uma ferramenta importante para ver o comportamento do fluxo produtivo, sendo esperado um gráfico sem degraus abruptos.

Figura 16: Painel de monitoramento de Produção - índice geral



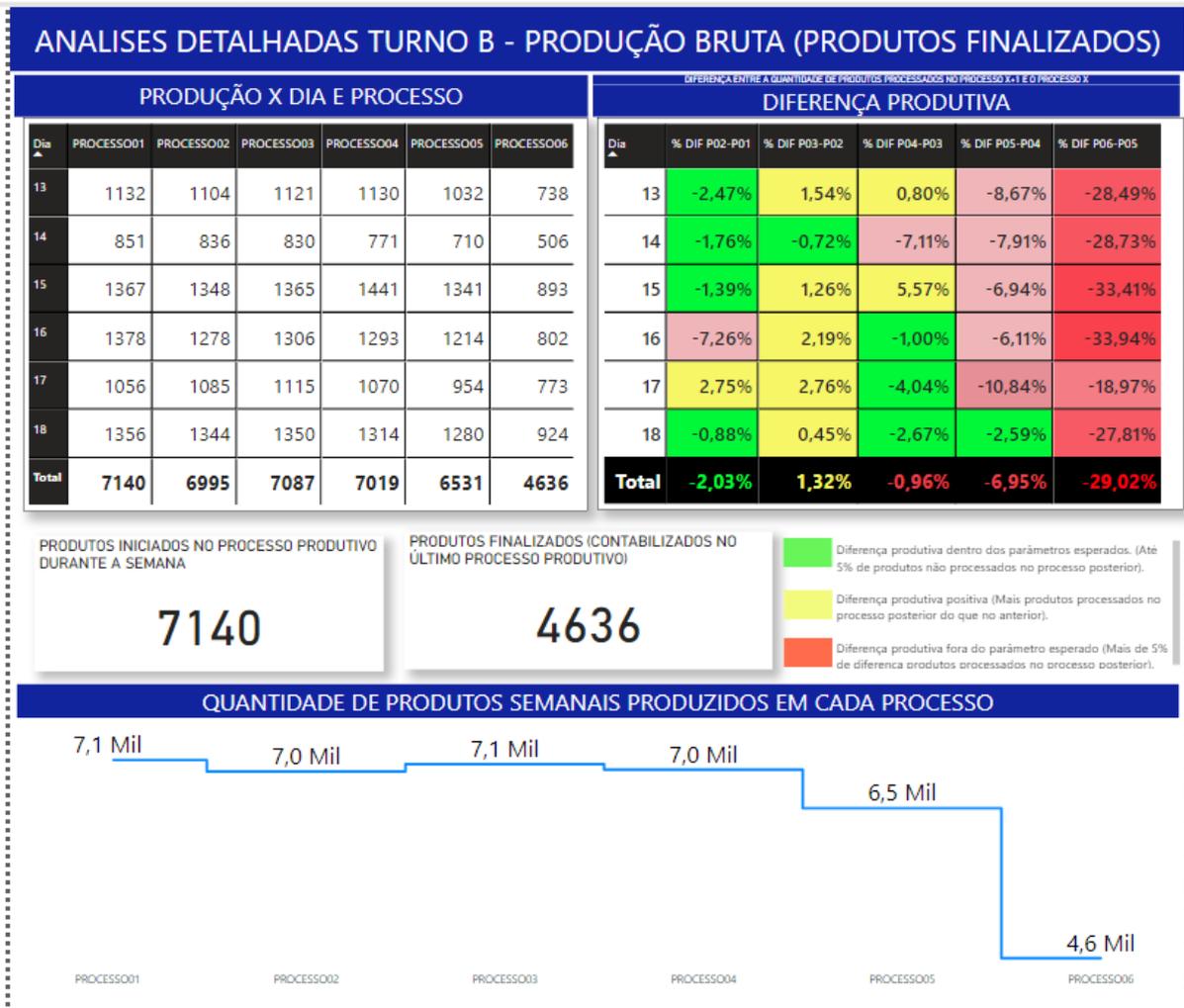
Nesta etapa, as informações também foram caracterizadas por turno de produção conforme as Figuras 16, 17 e 18 para visualizar as características de cada turno e novamente observar se as anomalias encontradas no painel foram um problema pontual e aleatório em algum momento da produção ou se o que foi mostrado é a realidade operacional.

Figura 17: Painel de monitoramento de Produção - índice turno A



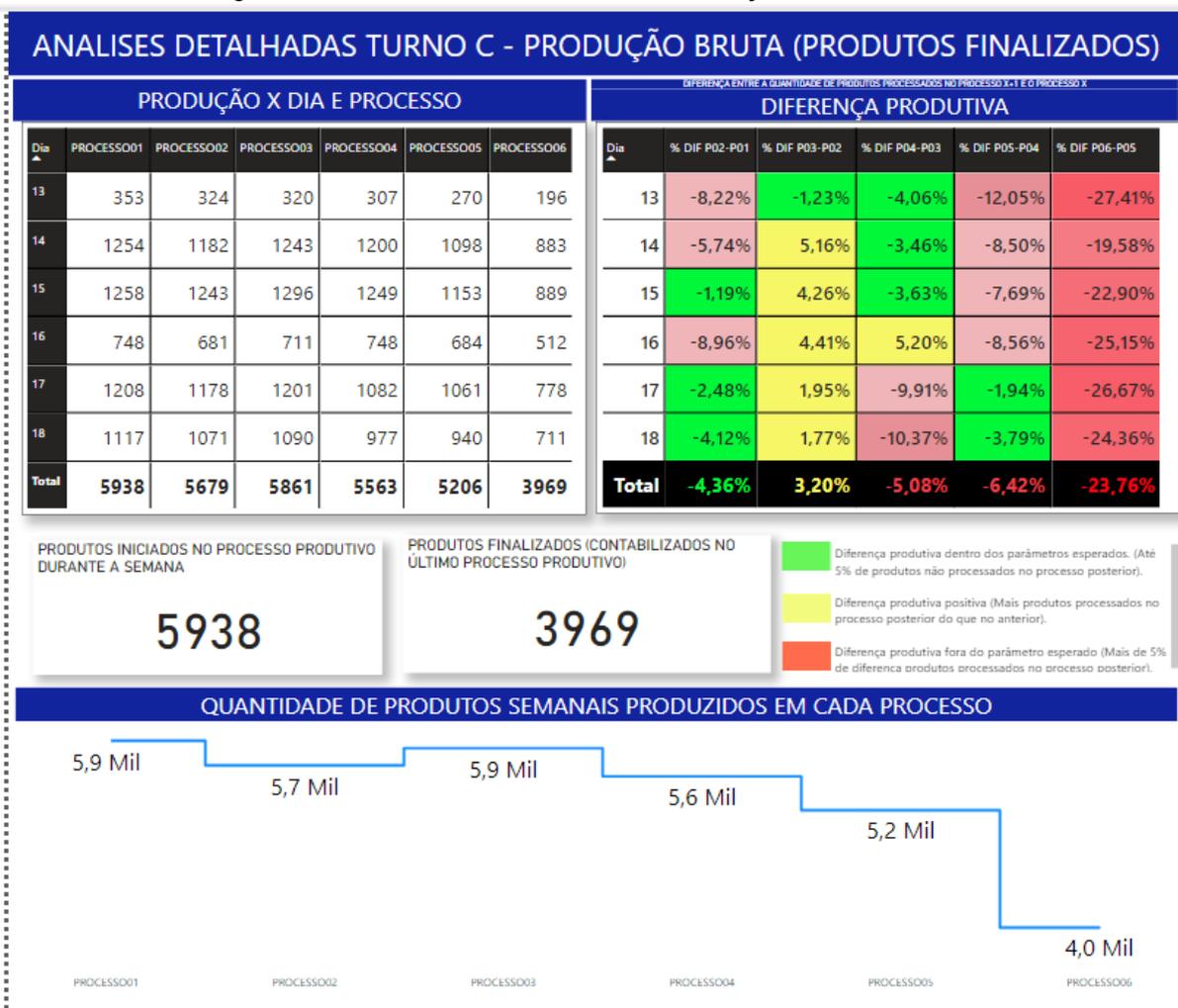
Fonte: Elaboração do autor (2023).

Figura 18: Painel de monitoramento de Produção - índice turno B



Fonte: Elaboração do autor (2023).

Figura 19: Painel de monitoramento de Produção - índice turno C



Fonte: Elaboração do autor (2023).

7 DISCUSSÕES

7.1 PRODUTIVIDADE

A avaliação da produtividade da linha de produção na sua forma atual de mensuração não reflete adequadamente a realidade, de acordo com as demandas do departamento de engenharia de qualidade da fábrica. Isso se deve ao fato de que, para que um produto final seja contabilizado como produzido e apto para venda, é necessário que ele seja aprovado em todas as etapas de produção. Caso contrário, não deveria ser considerado como um produto aprovado.

Conforme observado nos resultados, tanto de maneira geral quanto na análise por dia e turno (Figuras 7 a 10), a produtividade real da linha foi significativamente inferior à esperada, tendo chegado a uma diferença de quase 20% no turno B do dia 17. Isso indica claramente a existência de oportunidades de melhoria no processo, o que exige uma investigação imediata para identificar as causas do fato de mais de 13% da produção declarada na semana ter sido constituída de produtos abaixo do padrão de qualidade necessário.

Nesse ponto, foi formulada a hipótese de que produtos reprovados em alguma etapa da produção estão sendo inseridos novamente na linha sem passar pelo retrabalho necessário, a fim de atingir artificialmente as metas diárias de produtividade. É importante destacar que o turno "C" apresentou a maior diferença média no período avaliado, e esse turno é realizado durante o horário noturno, quando não há supervisão contínua dos colaboradores. Esse fato pode contribuir para índices de produtividade mais elevados, apesar da qualidade comprometida dos produtos.

7.2 DESPERDÍCIO

No que diz respeito ao desperdício, como mencionado anteriormente, este é um indicador que não foi explorado eficientemente e, sem os dados provenientes da rastreabilidade, apresentam-se imprecisos e não utilizados nos estudos da linha de produção.

Ao analisar a Figura 11, apenas com os dados totais da produção, já se observa um índice médio elevado de desperdício de 36,3%, e de aproximadamente

45% levando em consideração apenas os itens finalizados e aprovados na conta, chegando a quase 59% no dia 18 do turno "A", Figura 12. Devido a essa expressividade encontrada no índice, a diferença entre os dados atuais e os dados reais se torna secundária para a observação de anomalias. A anomalia maior e mais urgente seria o próprio índice, independente se calculado pela produção real ou pela produção atual.

Com isso foi encontrado um ponto crítico no processo produtivo que precisa ser atacado e gerado uma tratativa imediatamente, pois dos 19,3 mil itens que iniciaram a produção na semana, apenas 10,62 mil foram finalizados e validados como itens aptos para venda, Figura 11, essa diferença de 8,68 mil itens não pode ser ignorada. evidencia a importância de acompanhar o desperdício diariamente. Considerando a complexidade e a expressividade da questão do desperdício, é necessário realizar uma avaliação minuciosa do problema antes de levantar hipóteses para a anomalia identificada.

7.3 ANÁLISES DETALHADAS DO PROCESSO – OUTRAS ANOMALIAS / FALHAS

Um aspecto crucial deste trabalho é a identificação de processos problemáticos e anomalias no processo produtivo. Para tanto, foi realizada uma análise detalhada dos dados de produtividade e desperdício, as informações presentes na Figura 15 e 19 de análises. O objetivo foi identificar possíveis anomalias no processo ou processos com indícios de falhas a serem tratadas. Foi evidenciado a partir desta identificação: indício de “brejo” e o detalhamento da análise do desperdício.

7.3.1 “BREJO”

No ambiente fabril em questão, é comum utilizar-se o termo "brejo" para se referir ao estoque de produtos semiacabados entre os processos produtivos. Entretanto, é importante ressaltar que essa prática não é permitida na empresa em questão, uma vez que pode influenciar diretamente no controle de qualidade dos

itens. Portanto, não é permitido que haja estoque de produtos semiacabados entre nenhuma das etapas produtivas.

Embora não seja permitido pela empresa em questão, a prática do estoque de produtos semiacabados entre os processos produtivos é comumente utilizada em algumas situações específicas. Dentre elas, pode-se citar a quebra inesperada de máquina no processo produtivo, manutenções agendadas, aceleração da produção em outro turno para atender às metas, utilização como alternativa para produtos destinados ao retrabalho (quando um grande lote de produtos é reprovado em uma etapa do processo produtivo e, portanto, é processado em uma ou duas etapas seguintes e retido para passar por retrabalho não autorizado, visando o retorno ao processo produtivo sem prejudicar a meta), dentre outras situações.

Todas as justificativas para o estoque de produtos semiacabados entre os processos produtivos, conhecido como “brejo”, são inválidas, uma vez que o fluxo do processo produtivo deve ser respeitado e todo retrabalho deve ser comunicado e autorizado. Além disso, é obrigatório que o produto passe novamente pela etapa produtiva na qual foi rejeitado para ser considerado um produto válido.

Na Figura 15, é possível observar que os processos 1, 2 e 3 apresentam pouco desperdício, porém uma anomalia é identificada em que itens que não passaram no Processo 2 estão passando pelo processo 3 e sendo aprovados. Isso indica fortemente a ocorrência de brejo ou retrabalho fora do processo produtivo. Essa constatação pode estar diretamente influenciando o indicador de produtividade real da linha e a qualidade final do produto, uma vez que a prática de brejo e retrabalho fora do processo produtivo não está prevista no fluxo produtivo homologado.

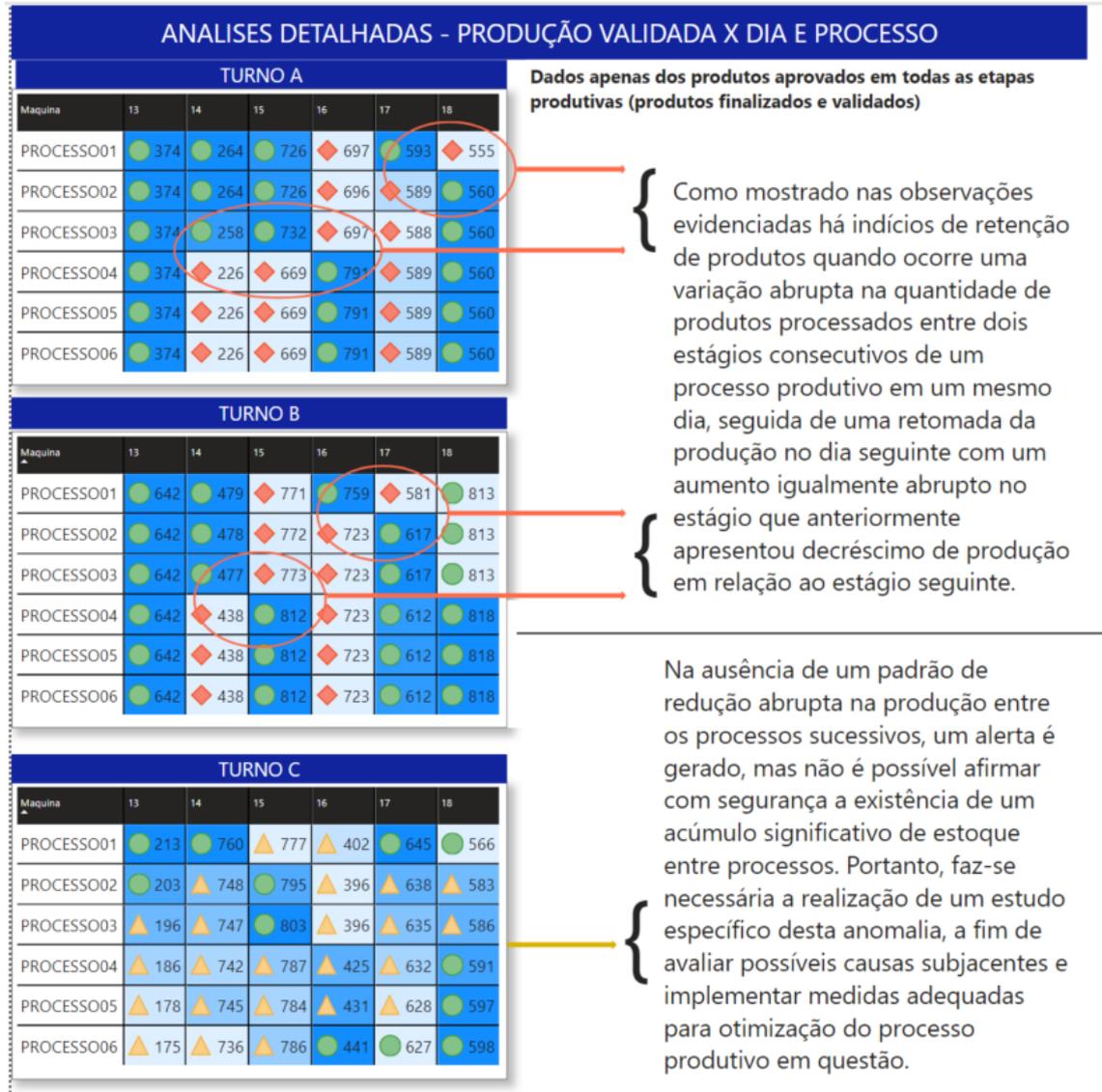
Outro ponto foi verificado com o auxílio da Figura 19. É possível identificar uma quantidade significativa de produtos que iniciaram no processo produtivo, mas ficaram represados entre alguma das etapas e só foram processados no dia seguinte. Essa observação fica evidente ao observar a tabela do Turno A, onde nos dias 14 e 15, da semana em questão, 95 itens ficaram represados entre o processo 3 e o processo 4 e só no dia 15 foram processados. Seguindo esta mesma premissa e auxiliado pela informação em cores (tonalidade do azul – quanto mais forte maior a quantidade de produtos processados no dia) e informação em símbolos (verde: fluxo esperado sem variação, vermelho: fluxo anormal com padrão de queda ou aumento abrupto, amarelo: fluxo anormal mas sem padrão verificado), observa-se

mais uma ocorrência ainda no Turno A entre os processos 1 e 2 entre os dias 17 e 18. No Turno B, tem-se mais duas ocorrências: uma entre os processos 3 e 4 entre os dias 14 e 15 e outra entre os processos 1 e 2 entre os dias 16 e 17. Já no Turno C, esta retenção se mostra irregular e, por consequência, menos clara de se observar como mostrado pelo indicador em símbolo amarelo, necessitando, assim, de uma análise mais detalhada para melhores conclusões.

Essa situação configura um indicador claro de "brejo" na produção, que impacta diretamente no processo e não é um procedimento autorizado, podendo afetar a qualidade do produto e gerar falhas no campo por ter saído do fluxo de produção e controle de qualidade. Uma observação importante é que para esta anomalia a análise sugere que sua ocorrência é maior entre os processos 1 e 2 e os processos 3 e 4. Sendo assim um ponto para uma análise mais detalhada das possíveis causas desta anomalia e a criação de seu plano de ação.

Este painel deve ser observado pela equipe de líderes responsáveis, observando os indicadores em símbolo e a partir da informação mostrada gerar planos de ação a serem executados. A meta é um fluxo controlado apenas com indicadores de monitoramento verdes e mesma tonalidade do azul.

Figura 20: Painel de monitoramento de produção - Análise por turnos



Fonte: Elaboração do autor (2023).

7.3.2 ANÁLISE DO DESPERDÍCIO

Inicialmente, destaca-se a relevância de se realizar a mensuração do desperdício, tendo em vista que, na atual conjuntura, a empresa não o tem aferido. Por esse motivo, apenas o índice real será usado nesta análise. Na Figura 10, o índice encontrado na semana foi de 44,98%, indicando que de 19,3 mil produtos fabricados, apenas 10,62 mil foram validados como produção real. Essa informação é um alerta e deve ser um gatilho para melhorias no processo, visto que o desperdício impacta diretamente nos custos, na produtividade e,

consequentemente, nos resultados da empresa. Para investigar melhor esse índice, foram observadas as Figuras 11, 12 e 13, e percebe-se que nenhum dos turnos apresenta uma anomalia latente específica, pois todos apresentam valores de índices próximos. No entanto, todos apresentam índices elevados, indicando que a anomalia não está em um turno específico.

Então, ampliando-se o horizonte da análise, ao se observar o fluxo de fabricação a partir da Figura 14, verifica-se que o Processo 6 é o que mais reprova itens com uma reprovação de 26,49%, indicando falhas na verificação de qualidade. Isso sugere que entre os Processos 4 e 5 há produtos sendo aprovados, apesar de não atenderem aos padrões necessários. Esses processos estão impactando diretamente no índice de desperdício elevado, evidenciando a necessidade de uma análise mais detalhada desses processos e possíveis ações de melhoria para reduzir o desperdício e melhorar a qualidade do produto final.

Além do ponto em questão, percebe-se que a quantidade de itens reprovados nos processos 4, 5 e 6 está acima dos 5% esperados para o processo estar sob controle. Isso é particularmente relevante para a fábrica, que utiliza a metodologia WCM em sua planta, pois essa informação afeta diretamente o pilar do TCQ (Teoria do Custo da Qualidade). Quando um produto defeituoso é identificado ou gerado mais para o fim do processo produtivo, torna-se mais prejudicial e custoso do que um identificado ou gerado no início.

Como afirmado por Medeiro et al. (2012), aprimorar a gestão da qualidade é considerado um fator estratégico crucial para impulsionar a competitividade e produtividade das empresas. Isso se dá pelo objetivo de reduzir os desperdícios e os custos associados à falta de qualidade durante as operações de produção.

8 CONCLUSÃO

Conforme observado no trabalho, o conjunto de dados obtidos no projeto de rastreabilidade no processo produtivo em questão é uma fonte extremamente importante de informações sobre os processos e produtos da fábrica. Este conjunto de dados é altamente robusto e confiável, abrangendo todas as variáveis envolvidas em cada etapa da produção, e é gigantesco em volume. Entretanto, atualmente, ele está sendo pouco explorado devido ao grande universo de possibilidades de estudos que ele proporciona

Este estudo representa apenas uma análise preliminar do enorme potencial dos dados coletados no projeto de rastreabilidade do processo produtivo. Apesar disso, já é possível perceber o impacto positivo que a utilização eficiente dessas informações pode trazer para a empresa. Isto mostra o potencial de impacto que uma aplicação de tecnologia da indústria 4.0 tem no setor automotivo. Este setor é muito importante no âmbito nacional e de concorrência severa, onde mais aplicações e estudos voltados ao assunto impactam e corroboram para o melhor posicionamento perante a concorrência.

Análises mais aprofundadas desses dados e a exploração de suas possibilidades serão fundamentais para a melhoria contínua da organização e para manter sua posição como líder de mercado e pioneira em inovação.

Identificação de ilhas de risco, testes de hipóteses entre modo de falha em campo x dados de fabricação, e controle estatístico da qualidade em tempo real são exemplos de outras formas de abordar o mesmo conjunto de dados em trabalhos futuros. Trazendo mais valor ao projeto implantado e explorando ainda mais o que a indústria 4.0 pode oferecer para melhorias no setor.

O enorme conjunto de dados a ser analisado e suas várias possibilidades de estudo, junto com a necessidade de anonimização dos dados e sua utilização de forma estática foram limitações que impactaram diretamente o estudo. A abordagem deste tema com mais tempo, recursos e liberdade de utilização dos dados obtidos é um fator catalisador para resultados ainda mais robustos deste tipo de estudo.

Por fim, é fundamental destacar a importância de se obter informações precisas e organizadas sobre todos os processos. A medição, quantificação e armazenamento de informações possibilitam a tomada de decisões informadas, a melhoria contínua, o monitoramento de desempenho, a comunicação eficaz, o

cumprimento de requisitos e regulamentações, bem como o planejamento estratégico. O acesso a informações precisas e confiáveis é crucial para garantir uma gestão eficiente e eficaz. Por isso, é importante investir na coleta, análise e uso adequado de informações sobre processos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 9001:2015. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Badia-Melis, R., Mishra, P., Ruiz-García, L., 2015. **Food traceability: New trends and recent advances**. a review. Food Control 57, 393–401.

BENTO, A. R.; PAULILO, G. Rastreabilidade e Inovação Tecnológica em Cadeias Produtivas na Indústria Automotiva. **Anais do 65º Congresso Internacional da ABM**, Rio de Janeiro, RJ. 2010.

BRAGUITTONI, Ronaldo. Business Intelligence: implementar o jeito certo e a custo zero. **Casa do Código**, São Paulo, 2017.

CARDOSO, Maria Teresa Gomes. Rastreabilidade de alimentos: conceitos, técnicas e instrumentos. **Varela**, São Paulo, 2016.

CORRÊA, João Carlos; CARDOSO, Álvaro Azevedo; CHAVES, Carlos Alberto. Os benefícios de um sistema de rastreabilidade em uma empresa de autopeças. In: **XXVII SIMPEP SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2006, Baurú.

CUNHA, Higor Mychel da. **Metodologia para análise de indicadores chave de desempenho relacionados à segurança pública em municípios**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Caruaru, 2022.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da Qualidade Total: Gestão e Sistemas**. 40. ed. São Paulo: Makron Books, 1994. v. 1.

FEW, Stephen. Show me the numbers: **Designing tables and graphs to enlighten**. Stephen Few, 2004.

GRAND VIEW RESEARCH. **Rastreabilidade de produtos: tamanho de mercado global, participação, crescimento, análise e previsão para 2020-2027**. [S.l.], 2021. Disponível em: [https://www.grandviewresearch.com/Filters?search=traceability&search_submit=+](https://www.grandviewresearch.com/Filters?search=traceability&search_submit=) Acesso em: 01 abr. 2023.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A meta: um processo de melhoria contínua**. 2. ed. São Paulo: Editora Nobel, 2003.

Han, S., Bae, H.J., Kim, J., Shin, S., Choi, S.E., Lee, S.H., Kwon, S., Park, W., **Lithographically encoded polymer microtaggant using high capacity and error-correctable qr code for anticounterfeiting of drugs**. Advanced Materials 24, 5924–5929, 2012.

Hwang, G., Lee, J., Park, J., & Chang, T. W. (2017), Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment, **International journal of production research**, 55(9), 2590-2602.

Junior, Jose Menezes de Oliveira, **Automatização de processo de contas a receber através da associação de ETL (extract, transform, load) e Power BI**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/238605>>.

KRIPPENDORFF, K. 2004. Content analysis : an introduction to its methodology . 2nd ed. **Thousand Oaks**, California: Sage Publications, Inc.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informações Gerenciais. 14. ed.** São Paulo: Pearson, 2016.

MEDEIROS, F. S. B.; ROSSATO, F.; BOLIGON, J. A. R., Gestão da qualidade: estratégias para operacionalização da ferramenta Housekeeping em uma cooperativa de agronegócio. **II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, 2012.

MICROSOFT AZURE. **O que são ferramentas de business intelligence (BI)?**. Disponível em <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-are-business-intelligencetools/>. Acessado em 04 de junho de 2021

Ministério da Saúde. (2020). **Rastreabilidade de Produtos: Benefícios e Desafios**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/41966-rastreabilidade-de-produtos-beneficios-e-desafios>

Montet, D., Dey, G., 2018. **Food Traceability and Authenticity: Analytical Techniques**.

NAEEM, Tehreem. Ingestão de dados - **definição, desafios e práticas recomendadas**. 2020. Disponível em: <https://www.astera.com/pt/type/blog/data-ingestion/>

NEUENDORF, K. 2002. The content analysis guidebook. **Thousand Oaks**, California: Sage Publications, Inc.

OLIVEIRA, Clayton Abel de. **Estudo de viabilidade técnica na implementação de sistemas de rastreabilidade num processo de usinagem de eixos**. 2020. 51 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

OLIVEIRA, F. R., Souza, D. F., & Pereira, F. A. (2019). Implementação de sistema de rastreabilidade em uma indústria de alimentos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 15(4), 1-22.

ONWUBIKO, C. & ONWUBIKO, A. Cyber, **KPI for Return on Security Investment**. [S.I.]: IEEE, 2019. <http://dx.doi.org/10.1109/cybersa.2019.8899375>.

PINTO, C. P. **A rastreabilidade no contexto da gestão da qualidade**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, 2016. Disponível em: . Acesso em: 11 mar. 2020.

PONNIAH, Paulraj. **Data warehousing fundamentals for IT professionals**. John Wiley & Sons, 2011.

PRIMAK, Fábio Vinícius. **Decisões com bi (business intelligence)**. Fabio Vinicius Primak, 2008.

REGATTIERI, A.; GAMBERI, M.; MANZINI, R. Traceability of food products: General framework and experimental evidence. **Journal of Food Engineering**, 81, 347–356, 2007.

Ribeiro, Ana Letícia Martins. **Framework BPMN para a Modelação de Processos de ETL**, 2022. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.22/22499>

Roberti, M., **Airbus enters new phase of rfid usage, digitalization**. 2015, encontrado em: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?12731>. Acessado em: 16-04-2023.

SANTOS, Denise Araújo. **Desenvolvimento de processo ETL automatizado em dados de pesquisas de uma empresa na área de tecnologia**. 2022. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão da Informação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SILVA, A. R. da; GASPAROTTO, A. M. S. Um estudo sobre rastreabilidade visando ao controle de processos. **Revista Interface Tecnológica**, [S. I.], v. 17, n. 1, p.708-720, 2020. Disponível em <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/796>. Acesso em 10 nov. 2020.

Soltanali, H., Khojastehpour, M., & Farinha, J. T. (2021). Measuring the production performance indicators for food processing industry. **Measurement**, 173, 108394.

VERCELLIS, Carlo. Business intelligence: data mining and optimization for decision making. **Wiley**, United Kingdom, 2009.

Wessel, J., Schoo, A., Kwade, A. and Herrmann, C. (2023), Traceability in Battery Cell Production. **Energy Technol.** 2200911. <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ente.202200911>

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York: Simon & Schuster, 2003