

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THAYNARA RONZANI MORONA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA LOCALIZADA
NO OESTE DO PARANÁ COM A UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

MEDIANEIRA

2025

THAYNARA RONZANI MORONA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA LOCALIZADA
NO OESTE DO PARANÁ COM A UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

**Optimization of the production process of a company located in west Paraná
using the theory of constraints**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Edson Hermenegildo Pereira Junior

MEDIANEIRA

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

THAYNARA RONZANI MORONA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA LOCALIZADA
NO OESTE DO PARANÁ COM A UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 18 de junho de 2025

Profº Dr. Edson Hermenegildo Pereira Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profº Dr. Peterson Diego Kunh
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Me. Carine Cristiane Machado Urbim Pasa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2025

Dedico este trabalho à Deus e aos meus pais, que sempre estiveram comigo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sempre me dar forças e iluminar meu caminho ao longo desta trajetória.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, fazendo o possível e impossível para me verem bem, com todo amor e carinho do mundo, sempre me incentivando a buscar o meu melhor. À minha família como um todo, por acreditarem em mim e me darem apoio nessa caminhada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Edson Hermenegildo Pereira Junior, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória. Sou extremamente grata por seus ensinamentos e dedicação.

Aos meus amigos da faculdade, que estiveram comigo desde o primeiro momento durante essa jornada, vocês fizeram essa caminhada mais leve!

Por fim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa, seja direta ou indiretamente, minha gratidão!

“Humildade é estar certo de que você nunca sabe de tudo, sempre pode aprender e crescer”

Abilio Diniz

RESUMO

Com o aumento da competitividade entre as empresas, aprimorar continuamente os processos produtivos tornou-se essencial dentro do Planejamento e Controle da Produção. Dessa forma, esse trabalho possui como objetivo a otimização do processo produtivo de uma empresa com a utilização da Teoria das Restrições. Trata-se de uma metodologia de gestão baseada em cinco etapas, que visa a otimização do fluxo de produção ao identificar o recurso limitante do processo, o qual restringe todo o sistema produtivo. Caracterizado como um estudo de caso, uma pesquisa aplicada e exploratória, com abordagem qualitativa e quantitativa, a pesquisa identificou que a restrição não está no processo produtivo, mas sim no mercado, possibilitando o desenvolvimento, por parte da empresa, de estratégias para o aumento do volume de vendas em até 50%, conforme sua capacidade excedente. Foram também propostas ações como o balanceamento de linha, com potencial de elevar a eficiência do processo em até 68%, e a reorganização do layout, visando à redução de movimentações desnecessárias e à otimização do fluxo produtivo. Assim, a aplicação da Teoria das Restrições possibilitou a identificação, estruturação e o desenvolvimento de soluções para o processo, possibilitando a empresa o aumento da eficiência, a otimização de recursos e a redução de retrabalhos e desperdícios, com o objetivo de ampliar seus ganhos.

Palavras-chave: restrição; melhoria contínua; planejamento e controle da produção.

ABSTRACT

With the increase in competitiveness between companies, continuously improving production processes has become essential within Production Planning and Control. Thus, this work aims to optimize the production process of a company with the use of the Theory of Restrictions. It is a management methodology based on five steps, which aims to optimize the production flow by identifying the limiting resource of the process, which restricts the entire production system. Characterized as a case study, an applied and exploratory research, with a qualitative and quantitative approach, the research identified that the restriction is not in the production process, but in the market, enabling the development, by the company, of strategies to increase sales volume by up to 50%, according to its excess capacity. Actions such as line balancing were also proposed, with the potential to increase the efficiency of the process by up to 68%, and the reorganization of the layout, aiming to reduce unnecessary movements and optimize the productive flow. Thus, the application of the Theory of Restrictions made it possible to identify, structure and develop solutions for the process, enabling the company to increase efficiency, optimize resources and reduce rework and waste, in order to expand its earnings.

Keywords: constraints; continuous improvement; production planning and control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Planejamento e o Fluxo de informações PCP.....	17
Figura 2 - Técnicas e Ferramentas de Controle	19
Figura 3 - 5 Passos da Teoria das Restrições.....	30
Figura 4 - Exemplo de Estratificação.....	39
Figura 5 - Exemplo de Folha de Verificação de Controle	40
Figura 6 - Exemplo de Folha de Verificação de Observação de Defeitos	40
Figura 7 - Exemplo Gráfico de Pareto	41
Figura 8 - Exemplo de Diagrama Causa e Efeito	42
Figura 9 - Exemplo de Histograma.....	43
Figura 10 - Exemplo de Diagrama de Dispersão.....	44
Figura 11 - Exemplo de Gráfico de Controle	45
Figura 12 - Classificações de Pesquisa	47
Figura 13 - Etapas da pesquisa.....	51
Figura 14 - Fogão Camping.....	54
Figura 15 - Fogão Camping Explodido.....	55
Figura 16 - Mapeamento Fogão Camping.....	56
Figura 17 - Mapeamento da Montagem Final do Produto	57
Figura 18 - Estoques intermediários.....	58
Figura 19 - Alocação de trabalho proposta	66
Figura 20 - Layout atual	67
Figura 21 - Layout proposto	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronoanálise Montagem Final	59
Tabela 2 - Nº de amostras necessárias para cada atividade	60
Tabela 3 - Disponibilidade de trabalho	61
Tabela 4 - Capacidade produtiva por semana de cada estação de trabalho	61
Tabela 5 - Tempo de ciclo e Capacidade total da linha.....	62
Tabela 6 - Capacidade versus Demanda	62
Tabela 7 - Postos de trabalho necessários situação atual	63
Tabela 8 - Balanceamento de linha atual	64
Tabela 9 - Balanceamento de linha redução do quadro	64
Tabela 10 - Postos de trabalho necessários proposto	65
Tabela 11 - Balanceamento de linha proposto	66
Tabela 12 - Plano de ação	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TOC	Teoria das Restrições
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PMP	Plano-Mestre de Produção
TPC	Tambor-Pulmão-Corda
OPT	Tecnologia de Produção Otimizada
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
RSI	Retorno sobre Investimento
RH	Recursos Humanos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Planejamento e Controle da Produção.....	15
2.1.1	Planejamento	15
2.1.2	Controle.....	17
2.1.3	Previsão de Demanda	20
2.1.4	Capacidade Produtiva	21
2.2	Teoria das Restrições	23
2.2.1	Restrição	24
2.2.2	Medidas de Desempenho.....	25
2.2.3	Os 5 passos da TOC	27
2.2.4	Tambor - Pulmão – Corda (TPC).....	30
<u>2.2.4.1</u>	<u>Tambor</u>	<u>32</u>
<u>2.2.4.2</u>	<u>Pulmão</u>	<u>32</u>
<u>2.2.4.3</u>	<u>Corda.....</u>	<u>33</u>
2.2.5	Os 9 Princípios da TOC.....	33
2.3	Gestão da Qualidade.....	36
2.3.1	Ferramentas da Qualidade.....	37
<u>2.3.1.1</u>	<u>Estratificação.....</u>	<u>38</u>
<u>2.3.1.2</u>	<u>Folha de Verificação.....</u>	<u>39</u>
<u>2.3.1.3</u>	<u>Gráfico de Pareto</u>	<u>40</u>
<u>2.3.1.4</u>	<u>Diagrama Causa e Efeito</u>	<u>41</u>
<u>2.3.1.5</u>	<u>Histograma</u>	<u>42</u>
<u>2.3.1.6</u>	<u>Diagrama de Dispersão.....</u>	<u>43</u>
<u>2.3.1.7</u>	<u>Gráfico de Controle</u>	<u>44</u>
3	MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1	Local do estudo	46
3.2	Classificação metodológica	46
3.2.1	Natureza da Pesquisa	47
3.2.2	Objetivos da Pesquisa.....	48

3.2.3	Abordagem do Problema.....	49
3.2.4	Procedimentos da Pesquisa.....	49
3.3	Etapas da pesquisa	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
4.1	Definição do Produto	54
4.2	Processo Produtivo.....	55
4.3	Cronoanálise do processo	58
4.4	Capacidade Produtiva e Demanda.....	61
4.5	Explorar a Restrição.....	62
4.6	Subordinar o resto à decisão anterior, Elevar a restrição e Monitorar e Controlar	68
5	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Diante de um mundo amplamente globalizado e dinâmico, a competitividade entre as organizações se torna cada vez mais evidente, assim, conquistar uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes tornou-se mais complexo. Entretanto, empresas que adotam a melhoria contínua de seus processos conseguem obter essa vantagem competitiva, visto que atualmente resolver problemas de maneira isolada, sem uma visão contínua, já não é mais suficiente para garantir uma posição competitiva (GOLDRATT; FOX, 1989).

Isso significa que as empresas devem estar aptas a melhorias constantes nos processos para que consigam se destacar no mercado. Como destaca Bornia (2010, p.3) “[...] sem a capacidade de avaliar o desempenho de suas atividades e de intervir rapidamente para a correção e a melhoria dos processos, a empresa estará em desvantagem frente à competição mais eficiente”.

Dessa forma, a otimização e o aprimoramento contínuo do processo produtivo, são essenciais para maximizar os lucros e reduzir custos operacionais, além de fortalecer o posicionamento no mercado. No entanto, os autores Cox III e Schleier (2013), Goldratt e Fox (1989), argumentam que diversas organizações enfrentam dificuldades nesse contexto, especialmente em relação a como otimizar e aprimorar o processo de forma contínua, ou seja, identificando gargalos no processo, propondo soluções de melhorias, e conseqüentemente, reduzindo desperdícios, aumentando a capacidade e ampliando os ganhos da empresa.

Nesse contexto, a Teoria das Restrições surge como uma metodologia de gestão voltada para a otimização do fluxo de produção atrelada ao planejamento e controle da produção (PCP). A qual baseia-se em analisar o processo e identificar a restrição, ou o também chamado gargalo, que representa o recurso limitante do processo. Assim, desenvolvem-se cinco etapas para abordar e resolver essa restrição, como um ciclo contínuo de melhoria (TURBINO, 2017).

Portanto, a Teoria das Restrições é uma estratégia eficiente para otimizar os processos e auxiliar na tomada de decisões, conforme suas cinco etapas de focalização. Através da sua aplicação é possível não só apenas encontrar o gargalo, mas também propor soluções práticas de melhorias, que contribuem para atingir a meta da empresa, que sobretudo é, ganhar dinheiro (GOLDRATT; COX, 1993).

Diante disso, a pesquisa justifica-se pela necessidade de otimizar o processo produtivo de uma empresa que enfrenta desafios como falta de controle sobre a produção, desconhecimento da eficiência do processo, estoques elevados e ausência de informações sobre a demanda. A aplicação da Teoria das Restrições permitirá identificar gargalos, propor soluções, reduzir desperdícios e melhorar a gestão dos recursos, ampliando os ganhos e a eficiência operacional. Desse modo, essa pesquisa tem como objetivo responder a seguinte pergunta: como ampliar os ganhos da empresa com a utilização da Teoria das Restrições?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Otimizar o processo produtivo de uma empresa com a utilização da teoria das restrições.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar as restrições do processo
- b) Estruturar as restrições do processo
- c) Desenvolver soluções para o processo
- d) Ampliar a eficiência da linha de produção

Abordados os objetivos norteadores deste TCC, segue-se a seção de Desenvolvimento, substanciada pela revisão da literatura na qual alicerçou-se todo o esforço científico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento e Controle da Produção (PCP), é responsável por todo o planejamento e acompanhamento das atividades de produção da organização. Isso significa que, por meio do PCP, são tomadas inúmeras decisões relacionadas ao que deve ser produzido, em que quantidade, quando, quais os prazos de expedições, aquisição de materiais, assim como a definição dos responsáveis, do local onde as atividades irão ocorrer dentro da empresa e como será produzido. Dessa forma, o PCP abrange desde a obtenção das matérias primas até a distribuição ao cliente final, todo o processo de transformação (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Sendo assim, o objetivo do Planejamento e Controle da Produção é elevar tanto a eficácia quanto a eficiência dos processos de produção, potencializando a produtividade e lucratividade da organização. Ou seja, a eficácia significa atingir os propósitos da empresa, enquanto a eficiência está relacionada ao uso dos recursos de maneira adequada. Portanto, para programar e controlar os recursos, é preciso que haja uma comunicação entre todas as áreas da empresa, pois somente assim, é possível elaborar um planejamento eficaz e eficiente (GUERRINI, 2018).

Nesse sentido, os autores Turbino (2017), Santos et al. (2020), complementam que as atividades do PCP estão conectadas e são realizadas em três níveis de programação na hierarquia do sistema produtivo, sendo eles, estratégico, refere-se a medidas de longo prazo; tático, que são de médio prazo; e o operacional, correspondente a planos de curto prazo.

Desse modo, o Planejamento e Controle da Produção está diretamente relacionado à competitividade da empresa e as decisões tomadas nesse contexto impactam o desempenho geral da manufatura, uma vez que estão vinculadas aos três níveis de programação. Assim, o PCP deve ser capaz de garantir um planejamento e controle eficazes para assegurar que as ações estejam alinhadas com a estratégia competitiva da organização (LAUGENI; MARTINS, 2015).

2.1.1 Planejamento

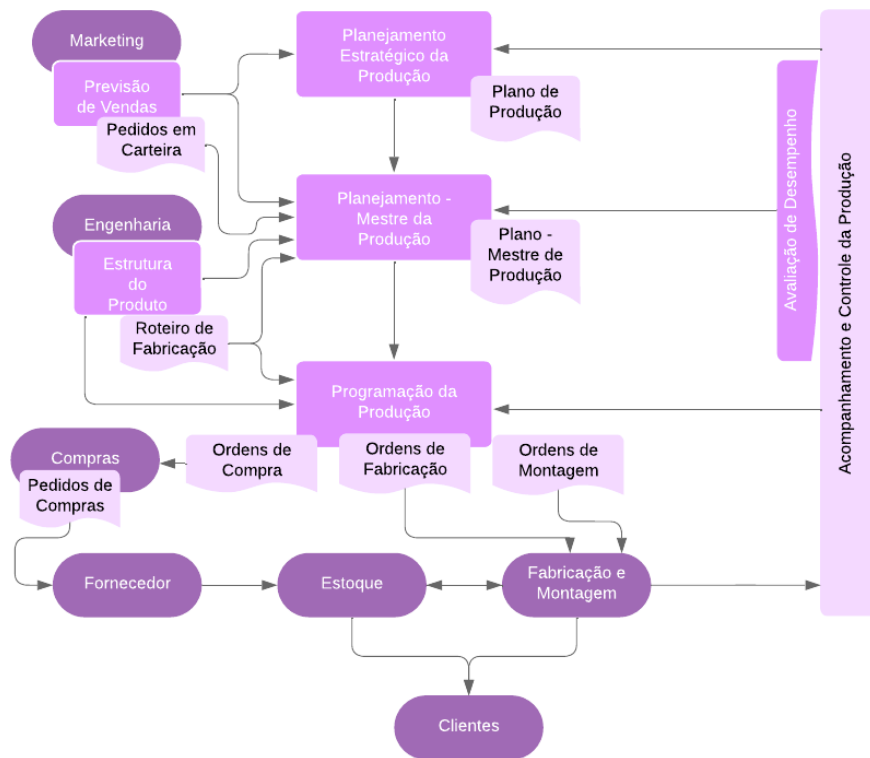
O planejamento consiste na arte de traçar um futuro, considerando as lições aprendidas do passado e aquelas que estão sob controle. Assim, o planejamento é uma visão que busca compreender o presente e formular estratégias para o futuro,

permitindo à empresa agir de maneira estratégica ao equilibrar os desafios e as oportunidades. Além disso, o ato de planejar é um processo contínuo, constantemente aberto a adaptações (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2018).

Nesse contexto, Turbino (2017), Fernandes e Godinho Filho (2010) destacam que o planejamento da produção está interligado também aos três níveis de programação, cada um com suas atribuições específicas. Sendo o estratégico, correspondendo ao Planejamento Estratégico da Produção, que contempla ações de longo prazo e estabelece um plano de produção com uma previsão abrangente da disponibilidade dos recursos.

Em seguida, os autores apresentam o nível tático, onde encontra-se o planejamento do Plano-Mestre de Produção (PMP), que consiste em planos voltados para a produção de médio prazo, englobando todas as projeções referentes à quantidade a ser produzida, prazos e recursos necessários. Por fim, o operacional, onde são elaborados os Programas de Produção, que tratam de questões de curto prazo, relacionadas à gestão de estoques, emissão e liberação de ordens compra, fabricação e montagem, além de toda atenção ao sequenciamento da produção. A Figura 1, representa todo esse planejamento da produção alinhado ao fluxo de informações do PCP:

Figura 1 - Planejamento e o Fluxo de informações PCP



Fonte: Adaptado de Turbino (2017)

Dessa forma, o planejamento da produção pode ser visto como um processo complexo, no qual diversos setores e fatores são considerados, incluindo os volumes de produção, a configuração da linha de produção, a demanda, entre outros aspectos. Nesse contexto, trata-se de uma área extremamente necessária e, na falta de um planejamento adequado do processo produtivo, torna-se impossível estabelecer um alinhamento eficaz (SIPPER e BULFIN JR., 1998; MOREIRA, 2012).

2.1.2 Controle

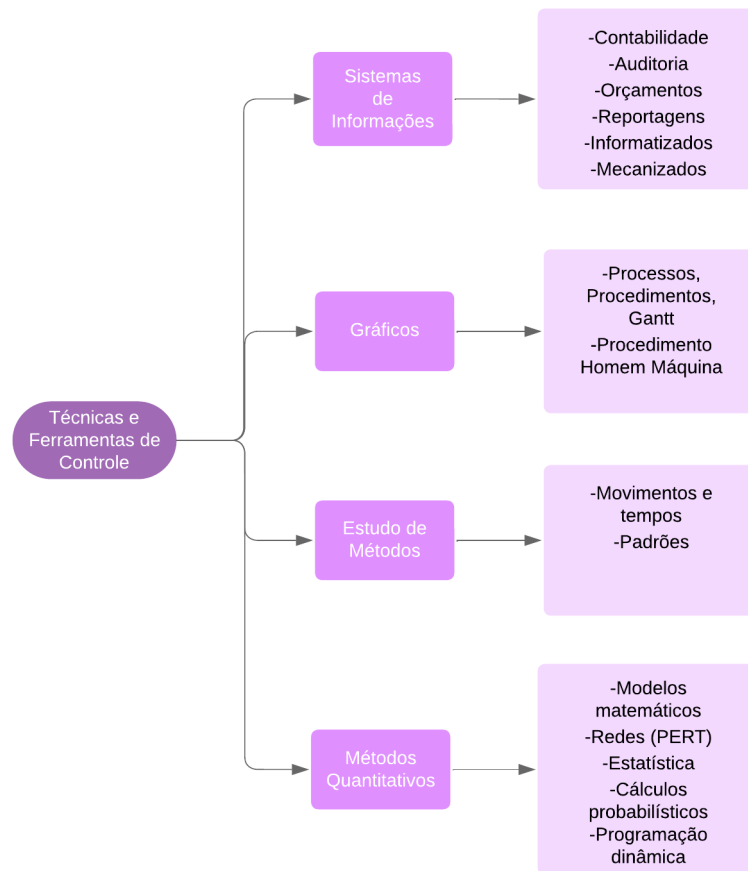
Segundo os autores Fernandes e Godinho Filho (2010), o processo de controle da produção consiste em uma ação gerencial capaz de regular e acompanhar todo o sistema, monitorando o fluxo de materiais e de informações. Nessa perspectiva, Slack, Jones e Johnston (2018) ressaltam que as ações de controle possibilitam ajustes e modificações nos processos, permitindo que o sistema consiga alcançar seus objetivos, previamente estabelecidos no planejamento. Assim, intervenções no processo, são decisões que são necessárias em muitas circunstâncias, para que o mesmo retorne ao seu percurso de maneira controlada.

Segundo os autores Netto e Tavares (2006), para possuir um controle da produção é preciso primeiro compreender todo o planejamento da produção, de forma clara. Somente a partir desse entendimento será possível analisar e acompanhar a produção, através de um controle adequado. Em concordância Lustosa et al. (2008), reafirmam que o controle da produção está relacionado a alcançar os resultados estabelecidos no planejamento ou até mesmo aprimorá-los. Nesse contexto, o autor Maximiano (2014, p.223) ressalta sobre o processo de controle:

Controlar, em essência, é um processo de tomar decisões que tem por finalidade manter um sistema na direção de um objetivo, com base em informações contínuas sobre as atividades do próprio sistema e sobre o objetivo.

Dessa forma, segundo Lobo e Silva (2021), o controle da produção consiste em comparar os resultados do processo produtivo com o que foi planejado e o que está sendo realizado, visando a implementação de ações corretivas, ou seja, garantindo que o sistema esteja caminhando para a direção certa, acompanhando atentamente o processo. Nesse cenário, existem diversas ferramentas e técnicas de controle que podem ser empregadas dentro do processo produtivo para um acompanhamento da produção, como mostra a Figura 2, conforme Lustosa et al. (2008):

Figura 2 - Técnicas e Ferramentas de Controle



Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008)

Sendo assim, conforme os autores Lustosa et al. (2008), Turbino (2017) e Corrêa, Gianesi, Caon (2018), as ferramentas e técnicas de controle, incluem desde gráficos de controle, indicadores de desempenho que demonstram a performance do processo, os controles por meio de métodos quantitativos através da estatística, como o estudo de movimentos e tempos que analisa padrões do processo produtivo, além de sistemas de informações baseados em documentações do processo.

Os autores ainda reforçam as ações de controle, como coletas de *feedbacks* em tempo real dos funcionários, que permitem reunir informações do processo produtivo para análise. Portanto, todas essas ferramentas e ações são importantes para o acompanhamento da produção e quando aplicadas de maneira eficiente, possibilitam a identificação rápida de desvios nos processos, permitindo correções rápidas e eficazes diante das mudanças, assim, exercendo a função de controle da produção.

2.1.3 Previsão de Demanda

Segundo os autores Carmo et al. (2009), dentro do planejamento e controle da produção, existem dois conceitos fundamentais que permitem ao PCP um planejamento mais seguro: a previsão de demanda e a capacidade produtiva. Nessa perspectiva, os autores Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), afirmam que a previsão de demanda, está ligada a projeção de acontecimentos futuros, a qual é utilizada alinhada ao planejamento da produção para evidenciar qual é a demanda da organização em um determinado intervalo de tempo, isto é, conforme o autor Dias (2023), analisar e estimar a quantidade e os produtos que serão comprados pelos consumidores.

Além disso, os autores Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), acrescentam que a previsão de demanda permeia todos os setores da empresa, desde o departamento financeiro, que utiliza essas informações para estimar o fluxo de caixa, até o setor de *marketing* que faz o uso dessas informações para realizar as projeções de vendas. E o setor produtivo, por sua vez, utiliza a previsão de demanda para realizar todo o planejamento da aquisição de materiais, mão de obra, além de estruturar todo o cronograma e a programação do processo produtivo, os estoques e os cálculos da capacidade de produção, entre outros aspectos, que só são possíveis com base na estimativa de demanda. Em outras palavras, o autor Lage Júnior (2019, p.1), descreve a previsão de demanda:

Previsão da demanda é uma atividade fundamental que antecede boa parte das decisões no âmbito do Planejamento e Controle da Produção (PCP). O objetivo é antever as quantidades que serão vendidas em cada período de cada um dos produtos oferecidos pelo sistema produtivo. Boas previsões de venda contribuem para um melhor atendimento dos clientes, para maiores lucros e menores perdas.

Dessa forma, de acordo com Veríssimo et al. (2013), estabelecer previsões de demanda conforme a realidade de cada organização pode proporcionar à empresa um grande diferencial, permitindo um conhecimento prévio de prazos e flexibilidade para mudanças. Assim, Corrêa, Giansi e Caon (2018) ressaltam que elaborar previsões está relacionado à utilização, por parte da empresa, de ferramentas, técnicas ou ações que possibilitam essa estimativa da demanda, como possuir uma base histórica de vendas e fazer uso de modelos matemáticos para projeções.

Os autores Corrêa, Giansesi e Caon (2018), destacam ainda a importância de se deter domínio e conhecimento sobre todas as variáveis internas da empresa que possam influenciar na demanda, como por exemplo, padrões de qualidade dos produtos, promoções e campanhas de *marketing*, que resultam no aumento da demanda dos produtos e atraem novos clientes. Além disso, ressaltam as variáveis externas que podem interferir também na demanda, relacionadas a fatores políticos e econômicos, como legislações governamentais, taxa de juros, inflação e perspectivas do mercado, que impactam diretamente no poder de compra dos consumidores.

2.1.4 Capacidade Produtiva

A capacidade produtiva refere-se à quantidade máxima de produtos ou serviços que uma organização é capaz de produzir em um intervalo de tempo específico, meses, anos ou dias, ou seja, pela quantidade de matéria-prima transformada em produto final, ou serviço (LUSTOSA et al., 2008; LAUGENI; MARTINS, 2015).

Sob essa perspectiva, os autores Corrêa, Giansesi e Caon (2018) argumentam que a capacidade pode ser medida de duas maneiras: por meio da produção, considerando os volumes de produção, que se referem à contagem das saídas do processo, isto é, dos produtos. E pela análise dos insumos, realizada a partir da medição das entradas, sendo mais comum em serviços; um exemplo disso é um hospital, onde se contabiliza o número de leitos ou o número de atendentes. No entanto, Sipper e Bulfin Jr (1998) ressaltam que ambas as medidas de capacidade podem indicar quanto um sistema produz.

Nesse contexto, Buture et al. (2019) destacam que a capacidade de produção está diretamente relacionada com a demanda, no sentido de que, quando há uma procura pelos produtos da empresa, a mesma deve possuir uma capacidade produtiva suficiente para atender a essa demanda em um período estipulado. Isso significa que deve haver uma harmonia e um equilíbrio entre a demanda e a capacidade produtiva.

Assim, como aborda a Teoria das Restrições, onde os autores Goldratt e Cox (1993) ressaltam, que quando a capacidade produtiva excede a demanda, ocorre uma ociosidade nos recursos de produção, por outro lado, se a capacidade for inferior ou igual a demanda, surgem gargalos no sistema e um desbalanceamento do fluxo de

produção. Dessa forma, para se calcular a capacidade produtiva do sistema, Peinado e Graeml (2007) apresentam quatro categorias, sendo elas:

1. Capacidade Instalada: refere-se à capacidade máxima que uma organização é capaz de produzir sem interrupções e sem perdas no processo. Entretanto, segundo Staudt et al. (2011), a capacidade instalada é vista como um parâmetro teórico, pois não é possível ter uma precisão exata e prática em relação à capacidade, levando em consideração que irá demonstrar o volume de produção que a empresa pode operar ao longo de 24 horas e durante os 7 dias da semana.
2. Capacidade Disponível ou de Projeto: essa capacidade diz respeito, a quantidade máxima que a fábrica consegue produzir em uma jornada de trabalho, não levando em conta as perdas. Sendo assim, Buture et al. (2019), ressalta que essa capacidade se diferencia da capacidade instalada, pois considera a produção realizada em turnos de trabalhos disponíveis. Assim, sendo calculada pela fórmula 1, conforme Staudt et al. (2011):

$$\text{Capacidade Disponível} = \frac{\text{Carga horária de trabalho}}{\text{Tempo padrão de um produto}} \quad (1)$$

3. Capacidade Efetiva: é a capacidade disponível diminuindo as perdas planejadas, sendo perdas como, *setups*, manutenções preventivas, amostras de qualidade. Assim, os autores Slack, Jones e Johnston (2018) destacam que essa capacidade só pode ser calculada após a contabilização das perdas planejadas. Através da fórmula 3, segundo Staudt et al. (2011):

$$\text{Horas disponíveis} = \text{Carga horária de trabalho} - \text{tempo de paradas planejadas} \quad (2)$$

$$\text{Capacidade efetiva} = \frac{\text{Horas disponíveis}}{\text{Tempo padrão de um produto}} \quad (3)$$

4. Capacidade Realizada: é a capacidade que deriva da capacidade efetiva, descontando as perdas não planejadas, perdas como ausência de matéria-prima, operadores, energia elétrica, ou até mesmo manutenções corretivas. Portanto, Piton et al. (2016) afirma que se trata então da capacidade que de

fato aconteceu em um determinado intervalo de tempo, levando em conta ambas as perdas, planejadas e não planejadas, evidenciando a medida real de produção. Conforme a fórmula 4, exposta pelo autor Staudt et al. (2011):

$$\text{Capacidade realizada} = \frac{\text{Horas disponíveis} - \text{Horas paradas não planejadas}}{\text{Tempo padrão de um produto}} \quad (4)$$

Portanto, calcular a capacidade produtiva da organização é fundamental para estabelecer parâmetros concretos sobre o cenário produtivo em relação à demanda, além de fornecer dados que irão auxiliar no planejamento e controle de todo o processo produtivo (GUERRINI, 2018).

2.2 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC) surgiu no final da década 70 com estudos do israelense, Eliyahu Goldratt, o qual desenvolveu um software destinado à programação e operação da produção, chamado de *Optimized Production Technology* – OPT (Tecnologia da Produção Otimizada), o aprimoramento desse software levou à formulação da Teoria das Restrições. Dentro do contexto do Planejamento e Controle da Produção (PCP), a TOC é uma abordagem estratégica que visa otimizar a programação através da identificação e exploração das restrições (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Os autores ressaltam que no ano de 1984, Goldratt lançou sua obra “A Meta”, que ilustra os princípios da Teoria das Restrições de maneira prática, utilizando uma narrativa envolvente. O foco do livro é esclarecer qual é a meta de uma organização e as estratégias para atingi-la, através de uma gestão de produção otimizada. Goldratt e Cox (1993) destacam que a meta de uma empresa de produção consiste em apenas uma, ganhar dinheiro, e todas as outras metas que uma empresa estabelece é apenas uma forma de atingir a meta principal. Goldratt e Fox (1989, p.18) afirmam “[...] acreditamos que a meta da empresa de manufatura é apenas uma – ganhar dinheiro no presente e no futuro. Isto é ganhar a corrida”.

Nesse cenário, Borna (2010) ressalta que a concepção simples da Teoria das Restrições consiste em identificar as restrições que afetam o ganho da organização e gerenciá-las de forma eficaz, dessa forma será possível potencializar os lucros da

empresa. Sendo assim, para elevar os ganhos da organização, é fundamental enfrentar as restrições de maneira constante, tendo em vista o processo de melhoria contínua.

Neste contexto, a TOC é caracterizada como uma metodologia de gestão, a qual é passível de ser implementada em diversos sistemas interligados à manufatura, incluindo a gestão de operações, o gerenciamento de *marketing*, projetos e estratégias, além da gestão da cadeia de suprimentos. Assim, sua abordagem é realizada através de todo um planejamento, implementação e monitoramento do sistema por meio da administração das restrições, concentrando-se em encontrar a causa-raiz, ou seja, a origem da restrição, a qual dificulta o sistema de atingir a meta (MOELLMANN, 2009).

Desse modo, Verma (1997) afirma que a TOC pode ser compreendida como um método de gestão alinhado à melhoria contínua, otimizando os fluxos de produção e conseqüentemente aumentando o desempenho da organização. Portanto, a Teoria das Restrições visa o aprimoramento da produção por meio da detecção de recursos que restringem o sistema de produção.

2.2.1 Restrição

Conforme Goldratt e Cox (1993), restrição também chamada como gargalo, é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada sobre ele, restringindo assim o fluxo de produção. O autor Guerreiro (1999, p.14) ressalta que a restrição “[...] é definida como qualquer coisa que limite o alcance do objetivo da empresa”.

Uma restrição não está limitada apenas ao processo produtivo, pode ser aplicada a uma ou mais etapas de um sistema que não consegue atender a um pedido ou serviço dentro do prazo estipulado, resultando em atrasos. Portanto, essa limitação também pode ocorrer nos processos operacionais da empresa ou até mesmo estar ligada a uma restrição de mercado. Quando isso ocorre, é recomendável que a empresa aproveite a situação e concentre seus esforços na identificação e gestão dessa restrição, pois isso pode proporcionar uma vantagem competitiva significativa à organização (COX III; SCHLEIER, 2013).

Nesse contexto, os autores Sipper e Bulfin Jr (1998) apontam que uma restrição, em termos gerais, é qualquer agente que impeça o sistema a atingir um

desempenho maior em relação a meta da empresa. Assim, os autores apontam que podem existir três formas de restrições, sendo:

1. Recurso interno: associado aos recursos da empresa, a restrição pode estar ligada às máquinas, ferramentas ou até os operadores.
2. Mercado: nesse caso, a demanda do mercado se faz menor que a capacidade de produção.
3. Política: ligada a regras e políticas da empresa que limitam a capacidade produtiva e o desempenho de produção.

Segundo os autores Goldratt e Cox (1993), além das restrições, os princípios da TOC incluem também os Recursos com Restrição de Capacidade (RRC), que são recursos que podem restringir a capacidade produtiva da organização e necessitam de atenção e cuidados para que não se tornem gargalos no sistema. Esses recursos podem incluir, por exemplo, um fornecedor que não está mais cumprindo os prazos de entrega dos materiais, o que impactará negativamente no fluxo de produção e na capacidade de atender à demanda.

Os autores, destacam ainda os recursos não gargalos, os quais possuem uma capacidade superior à demanda exposta sobre eles, resultando em situações de ociosidade frequente nesses recursos. Ou seja, os não gargalos, por possuírem uma capacidade maior, constantemente operaram em um ritmo mais rápido, o que pode resultar nesses cenários de ociosidade.

Dessa forma, Corrêa, Gianesi e Caon (2018), afirmam que os recursos que são denominados gargalos são aqueles que restringem completamente a capacidade de produção, críticos ao sistema. Por outro lado, os recursos chamados de não gargalos, consistem na sua capacidade maior que a demanda colocada sobre eles. Isso significa que o foco deve estar no equilíbrio do fluxo de produção da empresa, garantindo que o ritmo do sistema seja determinado pelo gargalo.

2.2.2 Medidas de Desempenho

Para ser possível expressar e alcançar a meta da empresa, foi desenvolvido um conjunto de três parâmetros financeiros, conhecido como medições operacionais

globais. Parâmetros que são utilizados nas atividades diárias da organização para auxiliar também na tomada de decisões operacionais (GOLDRATT; COX, 1993).

Goldratt e Fox (1989, p.26;29) apontam que essas três métricas oferecem uma forma confiável e eficiente para que a empresa direcione seus esforços e supere os atrasos, em comparação com outras medições que já existem, como aquelas relacionadas aos resultados ou aos custos. Ademais, os autores enfatizam que a concepção de custo deve dar lugar às métricas operacionais globais. Dessa forma, segundo Goldratt e Cox (1993) as três medidas são denominadas ganho, inventário e despesa operacional, sendo:

- Ganho: também chamado como valor agregado ou *throughout* em inglês, é aquele indicador pelo qual o sistema produz dinheiro por meio de vendas. Enfatizando vendas e não produção, pois caso produza e não consegue vender, relativamente isso não se faz de um ganho.
- Inventário: é toda a quantia que o sistema investiu na aquisição de coisas que se planeja vender. Em contrapartida, por exemplo, a mão de obra que foi investida não entra nesse critério.
- Despesa operacional: é o valor total desembolsado pelo sistema para converter o inventário em lucro. De forma clara, traduzir o investimento em valor agregado para a empresa.

Assim, Bornia (2010) destaca que a Teoria das Restrições possui como principal objetivo expandir o ganho da empresa por meio da ampliação de mercados, apoiando a estrutura organizacional. Por segundo, busca-se a diminuição dos estoques e, em terceiro, a redução das despesas operacionais. Dessa forma, a TOC se distingue da abordagem tradicional de custos, antes o foco inicial do gerente era cortar despesas operacionais, como os gastos com mão de obra. O próximo passo era trabalhar na diminuição dos inventários e, por fim, pensar em aumentar as vendas. Ou seja, segundo Goldratt e Cox (1993), na TOC, o intuito é diminuir tanto o inventário quanto as despesas operacionais, ao mesmo tempo em que se busca aumentar os lucros.

Nesse contexto, Corrêa, Gianesi e Caon (2018) apresentam que outras três medidas se relacionam e estão ligadas ao ganho, inventário e a despesa operacional, que são o Retorno sobre Investimento (RSI), Lucro Líquido e o Fluxo de Caixa. Isto

significa, que qualquer mudança nas medidas operacionais globais influenciam as medidas tradicionais de desempenho citadas acima. Os autores Corrêa, Giansesi e Caon (2018, p.365) ainda ressaltam sobre a vantagem da utilização das novas medidas de desempenho.

A grande vantagem de se usarem as novas medidas de desempenho seriam duas: primeiro, a melhoria simultânea nas três medidas novas resulta em melhoria simultânea também nas medidas tradicionais; segundo, as novas medidas seriam muito mais diretamente ligadas às decisões tomadas pelas pessoas envolvidas com o setor produtivo da empresa, facilitando que essas pessoas tomem decisões de modo a favorecer a consecução dos objetivos do OPT/TdR.

De acordo com os autores Fernandes e Godinho Filho (2010), as métricas de desempenho ainda auxiliam o sistema de produção a concentrar-se nas ações que efetivamente contribuem para alcançar o objetivo da empresa, que é a obtenção de lucro, por meio dos cinco passos da Teoria das Restrições.

2.2.3 Os 5 passos da TOC

Cox III e Schleier (2013), apresentam que a implementação da Teoria das Restrições requer a utilização dos cinco passos de focalização. Dessa forma, segundo o autor Guerreiro (1999), parte-se do princípio de que a organização opera continuamente sob uma restrição no sistema, o que permite compreender e aplicar as cinco etapas do processo decisório da TOC. De acordo com Goldratt e Cox (1993), os cinco passos estão totalmente relacionados a melhoria contínua, sendo:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema:

Neste primeiro passo, é necessário a identificação dos gargalos e dos RRC, assim, trata-se de reconhecer esses recursos cuja sua capacidade produtiva limitam a capacidade do sistema como um todo (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Portanto, identificar as restrições é como encontrar o elo mais fraco de uma corrente. Este elo, o qual determina exatamente a força da corrente e essa corrente simboliza a organização. Dessa forma, identificar o elo mais fraco é o passo inicial para elevar a organização (GOLDRATT; COX, 1993).

A autora Ferreira (2007), ressalta que para aprimorar a performance da empresa, precisa-se determinar o recurso que limita o desempenho total da organização, o elo mais fraco, após identificado, é crucial direcionar a atenção e os esforços exclusivamente a ele, iniciando assim, o processo de focalização.

2. Explorar a(s) restrição(ões) do sistema:

Neste segundo passo, é o momento de explorar as restrições já identificadas, ou seja, deve-se extrair o máximo possível das mesmas, uma vez que elas influenciam diretamente no desempenho do sistema (BORNIA, 2010). Sendo assim, a restrição deve ser explorada e utilizada da melhor maneira para auxiliar no alcance da meta da empresa (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Decidir como explorar as restrições, entende-se por conseguir obter o máximo do recurso, isto é, alcançar o melhor resultado viável dentro do contexto inserido. Um exemplo, é quando a restrição é imposta pelo tempo disponível de uma máquina, nesse caso, maximizar sua utilização está relacionado a fabricação de produtos que proporcionem melhores resultados em cada hora de operação dessa máquina, a qual representa o ponto crítico de produção. (GUERREIRO, 1999).

Dessa forma, o autor ressalta que, aumenta-se a capacidade em relação ao gargalo, uma vez que maximiza a utilização da restrição e a máquina opera continuamente sem pausas. Nesse sentido, Goldratt e Cox (1993, p.288) afirmam que é necessário que as restrições, também chamadas como gargalos operem continuamente, visto que, “[...] uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida na fábrica inteira”.

3. Subordinar o restante à decisão anterior:

Neste terceiro passo, é a hora de fazer com que todo o sistema opere conforme as restrições (GOLDRATT; COX, 1993). Nesse momento, é necessário estabelecer como conduzir os recursos não gargalos (PAVAN, et al., 2016). Isto é, determinar que todos os RRCs operem de acordo com o gargalo, ou seja, assegurar que não falte material para ser processado no gargalo, da mesma forma que, também não se deve operar mais rápido que ele, para que não aumente o inventário durante o processo (FERREIRA, 2007).

Sendo assim, gerenciar os recursos e os estoques são indispensáveis para fornecer apenas o que é extremamente necessário para a restrição (POLESELLO, 2018). Uma vez que um gerenciamento inadequado ocorra, o sistema não possuirá capacidade suficiente para processar tudo, assim, não há a necessidade de maximizar a utilização de um recurso não gargalo, pois isso resultaria em aumento nos níveis de estoques (BORNIA, 2010).

Atrelado a isso, Guerreiro (1999, p.22) ressalta “[...] subordinar qualquer outro evento à decisão anterior significa que todos os demais recursos não restritivos devem ser utilizados na medida exata demandada pela forma empregada de exploração das restrições”. Portanto, essa subordinação do sistema em relação a restrição é realizada através do método Tambor-Pulmão-Corda (TPC), metodologia de controle e programação utilizada na TOC (POLESELLO, 2018).

4. Elevar a(s) restrição (ções):

Neste quarto passo, é a fase de explorar a restrição com o objetivo de melhorar seu desempenho, por meio de diversas ações que buscam atingir esse objetivo (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). Em outras palavras, busca-se aumentar a capacidade produtiva da restrição (BORNIA, 2010).

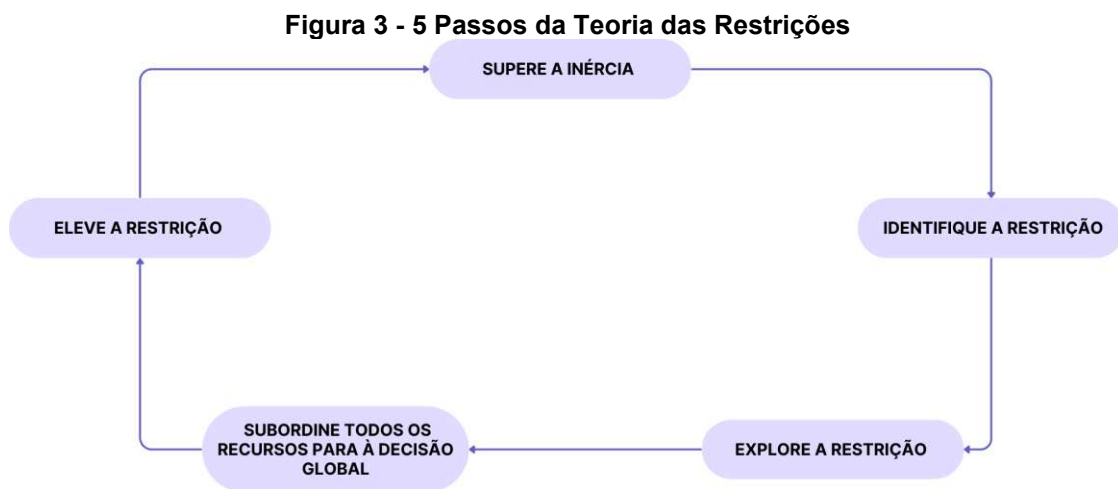
Dessa forma, várias ações podem ser implementadas para otimizar o desempenho do gargalo, incluindo a diminuição do tempo de *setup*, a execução de manutenções preventivas e a redução de paradas, assim, é fundamental assegurar que a restrição opere também durante os períodos de almoço. Além disso, transferir atividades que apresentam contribuições reduzidas por unidade de tempo do gargalo para um recurso não gargalo, também é uma alternativa viável (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

No entanto os autores Corrêa, Giansesi e Caon (2018), ressaltam que este quarto passo deve ocorrer somente após a exploração completa da restrição, pois elevar a restrição, aumentando a sua capacidade, muitas vezes pode resultar em aumento de despesas operacionais, como subcontratação, horas extras, aquisição de equipamentos e contratação de mais funcionários. Portanto, ao aumentar a capacidade da restrição, aumenta-se a capacidade total do sistema, não apenas no gargalo. Diante disso, a atual restrição pode desaparecer e pode surgir uma nova limitante do processo de desempenho do sistema (FERREIRA, 2007).

5. Retornar ao primeiro passo:

Guerreiro (1999) afirma que após o quarto passo, uma nova restrição sempre pode surgir, dessa forma, o ciclo deve recomeçar no primeiro passo. Goldratt e Cox (1993, p.289), reforçam “se, nas etapas anteriores, mudar alguma restrição, volte ao primeiro passo, mas não permita que a INÉRCIA gere uma restrição no sistema”. Isso significa, conforme Bornia (2010), que é necessário revisar as decisões feitas anteriormente, uma vez que as condições do sistema podem mudar, possibilitando assim oportunidades de aprimoramento.

Sendo assim, a “natureza dos gargalos” pode mudar, ou seja, o próprio gargalo, após a execução dos quatro passos, pode passar a não ser mais uma máquina por exemplo e se transformar em algo diferente como uma restrição relacionada à demanda do mercado. Por isso, há sempre um retorno ao primeiro passo, caracterizando-se como um processo de melhoria contínua (GOLDRATT; COX, 1993). A Figura 3 ilustra esse processo, com os cinco passos da TOC:



Fonte: Adaptado de Rahman (2002)

2.2.4 Tambor - Pulmão – Corda (TPC)

Dentro do contexto do planejamento controle da produção, associado ao ritmo de produção e aos cinco passos de implementação da TOC, originou-se o Tambor-Pulmão - Corda (TPC) também conhecido em inglês por *Drum-buffer-rope*, que é uma metodologia de programação e controle utilizada para aplicar a TOC em organizações (COX III; SCHLEIER, 2013).

A TPC está diretamente relacionada à manufatura sincronizada, que garante agilidade e sequenciamento ao processo produtivo por meio de diversos recursos disponíveis na empresa. Para ilustrar isso, se faz uma analogia com uma tropa de soldados: onde o soldado mais fraco determina o ritmo do grupo; assim, para que ele consiga avançar mais rapidamente e evitar dispersões, deve ocupar a posição da frente. Além disso, para manter a harmonia e controle do grupo como um todo, é importante que haja uma conexão entre todos, como se estivessem interligados por uma corda. Também é necessário deixar uma certa folga entre os soldados, isto é, um espaço que permita que as variações no ritmo de cada um não comprometam o avanço do grupo todo (GOLDRATT; FOX,1989).

Os autores ainda apresentam que, essa analogia representa uma fábrica de manufatura, o seu processo de produção alinhado às medidas de desempenho. Nessa perspectiva Goldratt e Cox (1993), observam que o soldado mais fraco é visto como uma restrição da organização, uma limitação, ou seja, um tambor, como uma referência a um desfile.

Por outro lado, os autores complementam que a corda está relacionada à produção baseada nesse gargalo, assim como uma linha de montagem, com um controle de previsões e conformidade. O pulmão, por sua vez, refere-se aos estoques reguladores, a folga. Assim, todos operam em sintonia, seguindo o mesmo ritmo. Os autores Slack, Jones e Johnston (2018, p.498), esclarecem essa abordagem de programação.

É chamado de **tambor** porque estipula a “batida” (andamento) para o resto do processo que se segue. Dado que o processo não tem capacidade suficiente, um gargalo está (ou deveria estar) atuando todo o tempo. Portanto, é sensato manter-se um **pulmão** de estoque à sua frente, de modo a assegurar que sempre haja algo em que trabalhar. Devido ao fato de que restringe a saída de todo o processo, qualquer tempo perdido no gargalo afetará essa saída. Assim, não vale a pena para as outras partes do processo anterior ao gargalo trabalhar em plena capacidade. Tudo o que fariam seria acumular trabalho mais adiante ao longo do processo até o ponto em que o gargalo estivesse restringindo o fluxo. Desse modo, alguma forma de comunicação entre o gargalo e a entrada do processo é necessária para assegurar que as atividades anteriores ao gargalo deixem de produzir demasiadamente. Isso é chamado de **corda**.

Goldratt e Fox (1989), ainda ressaltam que o sistema TPC possui o potencial de reposicionar a organização na busca pela vantagem competitiva, levando em conta a adoção de um processo de aprimoramento contínuo. Nesse contexto, os

mecanismos tambor, pulmão e corda devem operar de maneira alinhada e estratégica no fluxo de produção, assim como serão explicados, separadamente, nos itens a seguir.

2.2.4.1 Tambor

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), o Tambor retrata o recurso restritivo que estabelece tanto o ritmo quanto o volume do sistema de produção. Nesse contexto, o autor Moellmann (2009) destaca que o Tambor representa o recurso mais delicado do sistema, sendo também visto como a principal limitação. Seus aspectos são:

- Se caracteriza por um recurso com restrição de capacidade (RRC);
- Possui caráter estratégico;
- O fluxo de todo o processo está direcionado para ele;
- Ponto mais vulnerável do sistema.

Dessa forma, utilizando a analogia do soldado em relação ao Tambor, Goldratt e Fox (1989, p.80) afirmam que “[...] a batida do tambor são os programas de produção, que ditam quando e qual material deve ser processado pelos recursos de produção”. Dessa forma, fica claro que o tambor tem a capacidade de estabelecer o ritmo no processo de produção.

2.2.4.2 Pulmão

O pulmão é um elemento que assegura que o gargalo permaneça sempre abastecido com os materiais necessários para o processamento das atividades programadas. Dessa forma, isso se aplica a formação de um estoque de segurança, estabelecido antes do tempo programado para a utilização desse material, localizado em frente ao gargalo (LAGE JÚNIOR, 2019).

Assim, Lozada, Rocha e Pires (2017), afirmam que para ser possível controlar o pulmão, e dar continuidade ao processo, aconselha-se manter o estoque antes do gargalo, garantindo assim que o sistema permaneça funcionando de maneira constante. Os autores Cox III e Schleier (2013) destacam ainda, que o pulmão

simboliza o tempo, sendo aquele material que precede o tambor e certifica que este não fique ocioso em sua função. Portanto, os pulmões desempenham papel fundamental na operação contínua dos Recursos com Restrição de Capacidade (RRC) e de seus processos subsequentes, por meio dos estoques de segurança que guardam os tambores e as montagens subsequentes, assim, garantem a capacidade do sistema de cumprir a programação estabelecida (MOELLMANN, 2009).

2.2.4.3 Corda

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a corda simboliza a sincronia e harmonia entre a necessidade de recebimento de materiais no estoque de segurança e a entrada das matérias primas no sistema. Goldratt e Cox (1993, p. 202), ressaltam “[...] a corda faz parecer que temos ligações físicas entre todos os equipamentos [...], o que é como uma linha de montagem”. Ou seja, a corda interliga todo o processo de produção.

Nesse sentido, a corda está ligada a comunicação de todas as etapas do processo de produção, de modo que a capacidade de determinadas etapas seja restringida e muitas vezes limitada em função da restrição da empresa, ou seja, do gargalo (LOZADA; ROCHA; PIRES, 2017). Sendo assim, a corda expressa a conexão entre o gargalo desde o início da primeira etapa do processo produtivo, isto significa, que toda liberação de materiais se baseia de acordo com a programação executada no gargalo (LAGE JÚNIOR, 2019).

2.2.5 Os 9 Princípios da TOC

Goldratt e Cox (1993), afirmam que, para ilustrar as interações entre os gargalos e os não gargalos, bem como a forma adequada de gerir uma fábrica, foram estabelecidos nove princípios. Assim, Guerreiro (1999, p.37) ressalta que, os nove princípios estão vinculados à otimização da produção no sentido geral, enfatizando que a TOC assume o pensamento de que “a soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo total”. Isso implica que o sistema deve ser compreendido de maneira integral, levando em consideração todo o fluxo de produção. Dessa forma, segundo Goldratt e Cox (1993), os nove princípios são:

1. **Balancear o fluxo e não a capacidade:** consiste em balancear o fluxo de produção pensando no fluxo de materiais e não no método tradicional, que tem como perspectiva balancear a capacidade baseando-se na capacidade instalada dos recursos (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2018). De forma clara, deve-se balancear o fluxo de produção com base no gargalo, para que o ritmo seja o mesmo durante todo o processo (GOLDRATT; COX ,1993).
2. **O nível de utilização de um não gargalo não é determinado por seu próprio potencial, mas sim por alguma outra restrição do sistema:** isso significa que o gargalo determina por sua vez a utilização de um não gargalo (FERREIRA, 2007).
3. **A utilização e a ativação de um recurso não são sinônimos:** a utilização de um recurso está relacionado ao alcance da meta, ou seja, é utilizar um recurso com o intuito que ele direcione o sistema a atingir o seu objetivo principal. A ativação de um recurso tem como objetivo não necessariamente colocá-lo em operação, mas sim deixá-lo disponível e pronto para ser utilizado quando necessário, dessa forma, é semelhante a capacidade instalada. Os autores ainda relacionam esse recurso de ativação com um botão de ligar uma máquina. Com essa analogia, ativar um recurso não gargalo ao seu máximo, é uma atitude desnecessária que vem a prejudicar a otimização do sistema, atrelado a isso, tentar otimizar todos os recursos no sistema também é um ato prejudicial (GOLDRATT; COX ,1993).
4. **Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro:** isto significa, segundo Guerreiro (1999) que qualquer intervalo de tempo perdido no gargalo, seja devido a preparações de máquinas, produção de componentes com defeitos, retrabalho devido ao mal controle de qualidade, ou até mesmo por produção de produtos que não correspondem à demanda do mercado, reduzem a capacidade do fluxo produtivo, conseqüentemente, impactam diretamente na eficiência do processo. Dessa forma, os gargalos precisam estar em funcionamento o tempo todo, pois segundo Goldratt e Cox (1993, p.152) “[...] o que quer que os gargalos produzam em uma hora, é o equivalente ao que a fábrica produz em uma hora”. Portanto, Turbino (2017) ressalta que é uma relação de

equivalência, ao manter os gargalos constantemente em operação, todo o sistema se beneficiará, pois, a capacidade do fluxo de produção irá aumentar.

- 5. Uma hora economizada em um não gargalo é uma miragem:** ou seja, segundo Polesello (2018), ao realizar-se a tentativa de diminuir o tempo de preparações, como exemplo nos recursos não gargalos, o sistema não se torna mais produtivo, pelo contrário irá apenas elevar o tempo de ociosidade do sistema, assim, a abordagem adequada consiste em concentrar os esforços na diminuição dos tempos dos gargalos. Desse modo, Goldratt e Cox (1993) enfatizam que é uma grande ilusão acreditar que a economia de tempo e dinheiro ao otimizar as preparações nos recursos não gargalos resultaria em um aumento na produtividade do sistema.
- 6. Os gargalos governam os ganhos e o inventário:** é com base no gargalo que se programa os estoques de segurança em frente a eles, dessa maneira, os gargalos também gerenciam o fluxo de produção (TURBINO, 2017). Assim, evidencia-se que eles regem o tempo de processamento e sobretudo determinam os estoques, os quais servem como proteção ao gargalo contra eventuais variações estatísticas que possam ocorrer durante o processo (LOZADA; ROCHA; PIRES, 2017; JR, 2019). Sendo assim, os gargalos são responsáveis por determinar o ganho da empresa, visto que limitam o ritmo de produção e controlam o inventário (GOLDRATT; COX, 1993).
- 7. O lote de transferência pode não ser e, não deveria ser igual ao lote de processamento:** conforme Guerreiro (1999), o lote de processamento equivale a quantidade de itens processados em uma determinada etapa da produção, por sua vez, o lote de transferência diz respeito ao conjunto de itens que será enviado para a próxima fase do processo. Em sintonia, Goldratt e Cox (1993), afirmam que ao reduzir pela metade os lotes de transferência aplicados no recurso gargalo, haverá uma diminuição no tempo de processamento do lote. Consequentemente, a fila de espera será reduzida e, assim, o *lead time* total também será diminuído, resultando em um aumento na agilidade do fluxo das peças de produção.
- 8. O lote de processamento deve ser variável e não fixo:** a TOC assume que os lotes de processamento dependem diretamente do cenário da organização,

podendo mudar conforme cada capacidade de operação (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2018).

9. Os programas devem ser estabelecidos, considerando-se todas as restrições simultaneamente e não sequencialmente: o planejamento da produção deve ser elaborado levando em consideração todas as restrições do sistema, incluindo aquelas relacionadas aos recursos internos da empresa, que são as mais frequentes, como máquinas e colaboradores. Além, das restrições de mercado, que estão relacionadas à demanda, bem como às políticas também, ligadas a regras da organização. Todas essas restrições são levadas em conta simultaneamente na programação (LAGE JÚNIOR, 2019).

2.3 Gestão da Qualidade

A gestão da qualidade pode ser caracterizada como um conjunto de tarefas organizadas com o propósito de direcionar e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade, abrangendo todo o planejamento e controle da produção (CARVALHO et al., 2012). Em outras palavras, consiste em garantir que o produto ou serviço seja entregue ao cliente final com um padrão de qualidade que satisfaça as especificações do mesmo (CARPINETTI, 2012).

Nesse sentido, a gestão da qualidade está em constante evolução, desde os primeiros conceitos sobre essa temática por volta de 1950, onde os pesquisadores da época viram a necessidade da inserção da gestão da qualidade no processo produtivo, devido às complexidades das operações. Ou seja, buscou-se estabelecer um controle maior da qualidade nos processos, visando à eliminação de erros e retrabalhos (KIRCHNER, 2010).

Segundo o autor Paladini (2024), a gestão da qualidade é definida como uma abordagem gerencial que orienta as atividades do processo de produção para garantir a satisfação do cliente. Assim, a gestão da qualidade integra-se ao processo de produção com o objetivo de identificar a origem dos erros e falhas do processo, buscando a causa raiz em vez de se limitar apenas aos efeitos. Dessa forma, a qualidade deve ser desenvolvida baseada nas operações do processo de produção.

Desse modo, Juran e DeFeo (2015) acrescentam que a gestão da qualidade deve ser compreendida como um método de gestão que abrange toda a organização,

e não se restringe apenas para o setor de qualidade de forma isolada. Nesse contexto, Limeira et al. (2015) exemplificam essa visão, destacando que a gestão da qualidade é também uma cultura organizacional, na qual todos devem estar envolvidos, trata-se de um processo que deve ser desenvolvido de forma integrada em toda a organização.

Em vista disso, segundo Carpinetti (2012) a gestão da qualidade está interligada também a três fatores fundamentais. Em primeiro lugar, destaca-se o foco no cliente, que implica entender as necessidades do consumidor em relação à qualidade dos produtos e serviços, e direcionar ações para satisfazer essas exigências de forma eficaz. Em segundo lugar, adoção de uma visão sistêmica dos processos, isso envolve ter uma compreensão e controle do fluxo operacional, garantindo que todas as atividades sejam realizadas com qualidade.

Por último, o autor enfatiza a melhoria contínua, que se refere à implementação de estratégias constantes de aprimoramento dos processos. Isso significa, que a integração desses fatores, de maneira estratégica, contribui significativamente para que a empresa alcance uma gestão eficaz da qualidade, através também da utilização das ferramentas da qualidade.

2.3.1 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade estão presentes dentro da gestão da qualidade, auxiliando na identificação e avaliação dos processos, verificando alterações através de análises e coleta de dados, estruturando-os e investigando soluções de melhorias (CARVALHO et al., 2012; SILVA e QUEIROZ, 2022). Assim, elas são fundamentais, pois possibilitam, de maneira simplificada e objetiva, a visualização, interpretação e resolução de problemas relacionados à qualidade em diversas dimensões (OLIVEIRA, 2014).

Dessa forma, segundo Neto et al. (2017), essas ferramentas são utilizadas pelas organizações com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões, visando a análise dos dados das operações e proposições de melhorias. Nesse contexto, Da Silva et al. (2021) ressaltam que as ferramentas da qualidade geram resultados significativos nas empresas, uma vez que com suas utilizações possibilitam a identificação de desvios nos processos, falhas e a determinação da causa raiz dos problemas, sendo possível atacar o problema de forma exata. Ou seja, assim elas contribuem para a otimização do processo produtivo, aumentando a produtividade, a

lucratividade e a qualidade, além de diminuir os custos, retrabalhos e perdas do processo.

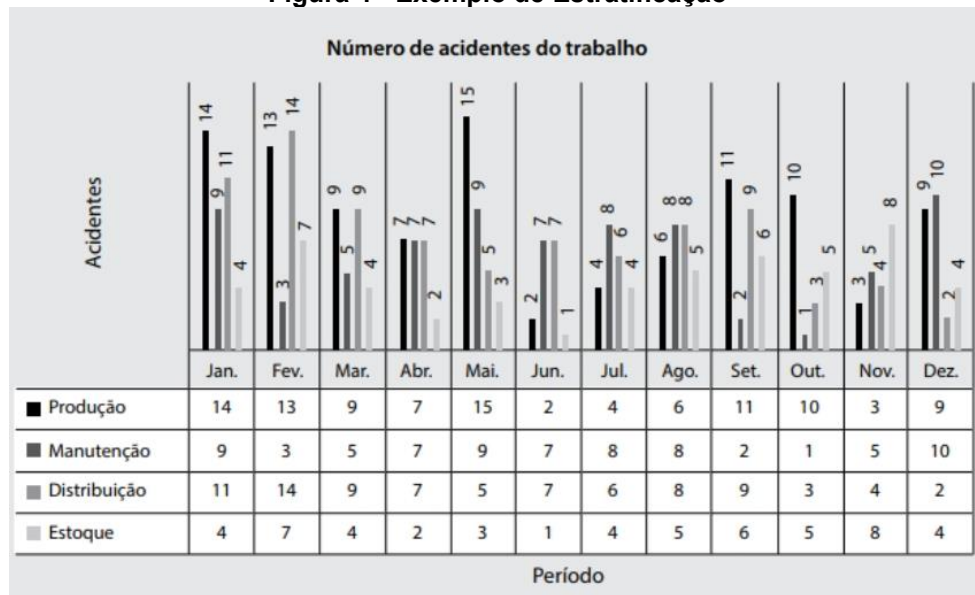
Nesse cenário, existem sete ferramentas clássicas da qualidade que permitem apontar o problema, investigar as causas, analisar os resultados, e apresentar melhorias. E, alinhadas ao conceito de melhoria contínua, que são: estratificação, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama causa e efeito, histograma, diagrama de dispersão e gráficos de controle (CARPINETTI, 2012).

2.3.1.1 Estratificação

A Estratificação, segundo Peinado e Graeml (2007), consiste em uma ferramenta capaz de analisar dados de forma separadamente, ou seja, realiza uma divisão dos dados em grupos, como por exemplo, estratificação por setores, estratificação por meses, etc. Assim, identificar as causas dos problemas se torna mais fácil e visual a partir dessa separação. Nesse contexto, Oliveria (2014) ressalta que essa ferramenta possibilita separação visual clara dos dados conforme suas características específicas, mesmo sendo dados de origens distintas.

Os autores Brassard (1994) e Carpinetti (2012) destacam que a estratificação é extremamente válida para analisar e examinar os dados, no intuito de explorar oportunidades de melhorias. Dessa forma, por meio de sua utilização, torna-se possível identificar o impacto de cada agente nos resultados do processo. Assim, a ferramenta pode ser representada na Figura 4, que apresenta o número de acidentes do trabalho com a estratificação por meses e setores, conforme Oliveira (2014):

Figura 4 - Exemplo de Estratificação



Fonte: Oliveira (2014)

2.3.1.2 Folha de Verificação

A Folha de Verificação é uma ferramenta empregada para coleta de dados, contendo características que facilitam sua utilização, sendo prática e objetiva, contribui para a redução de erros durante o processo de coleta de dados (LOBO, 2020). Assim, essa ferramenta visa coletar e documentar os dados do processo, a fim de auxiliar na identificação de problemas (NETO et al., 2017).

Nesse contexto, a folha de verificação pode ser elaborada por meio de um formulário, quadro ou planilha, onde será preenchida conforme os dados que se procura verificar, portanto, existem vários modelos de folhas de verificação, as mais comuns são, de controle de processos e à observação de defeitos (CARPINETTI, 2012; PEINADO; GRAEML, 2007). As Figuras 5 e 6 apresentam dois modelos mais utilizados das folhas de verificação para coleta de dados:

Figura 5 - Exemplo de Folha de Verificação de Controle

Lista de Verificação												
Data:												
Estágio de Verificação:			Seção:									
Produto:			Máquina:									
Total Inspeccionado:			Inspetor:									
Lote:			Turno:									
Especificação (peso)	Variação	Verificações										Frequencia
	menor que -0,03	X										
	-0,03	X										
	-0,02	X	X	X								
	-0,01	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
5,20	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0,01	X	X	X	X	X	X	X				
	0,02	X	X	X								
	0,03	X	X									
	maior que 0,03	X										
											TOTAL	

Fonte: Voitto (2017)

Figura 6 - Exemplo de Folha de Verificação de Observação de Defeitos

Lista de Verificação		
Problema:		
Estágio de Verificação:		Data:
Produto:		Seção:
Total Inspeccionado:		Inspetor:
Lote:		Turno:
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal
Arranhão	□□□	
Trinca	□┌	
Revestimento Inadequado	□□□┌	
Mancha	□	
Acabamento inadequado	□	
Outros		
		TOTAL
Total Rejeitado		

Fonte: Voitto (2017)

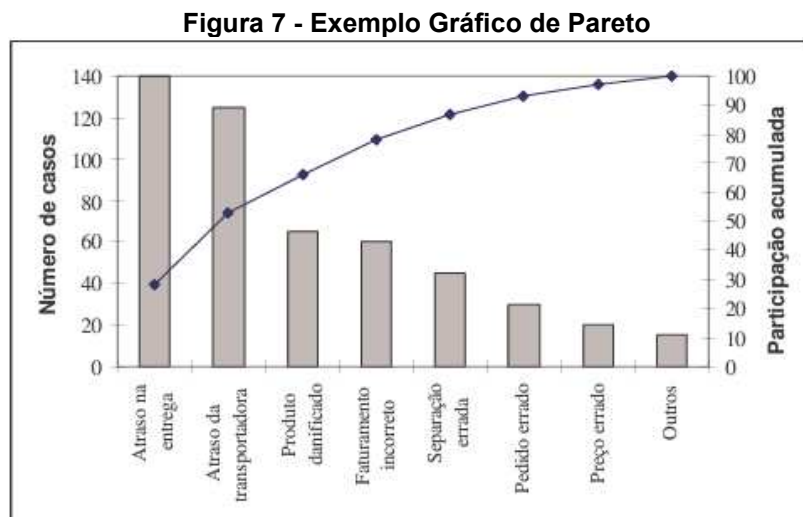
2.3.1.3 Gráfico de Pareto

Segundo o autor Brassard (1994), o Gráfico de Pareto é uma representação visual de um gráfico de barras com uma curva de porcentagens acumuladas. Dessa forma, o diagrama de Pareto, classifica todos os possíveis problemas de forma decrescente conforme o número de ocorrências, ou seja, com a sua utilização, é possível detectar os problemas a serem resolvidos e qual ordem de prioridade. Nesse sentido, Besterfield (2009) destaca que, por meio do Gráfico de Pareto, pode-se identificar os problemas com maiores relevâncias e direcionar esforços para resolvê-los.

Assim, os autores Krajewski, Ritzman, Malhotra (2009) e Neto et al. (2020), ressaltam que o diagrama de Pareto é utilizado para verificar quais problemas ou causas devem ser atacados em primeiro momento. Isto significa que quando existe um elevado números de problemas presentes em uma empresa, o diagrama é capaz

de auxiliar a estabelecer prioridades em relação a esses problemas. Essa priorização, é estabelecida a partir do princípio 80/20, conhecido como regra de Pareto, conforme citada por Lobo (2020, p.52): “[...] 80% dos problemas decorrem de 20% das causas potenciais”.

A Figura 7, conforme Peinado e Graeml (2007), apresenta um exemplo prático dessa priorização aplicado a problemas de devoluções de produtos em uma empresa. Nesse exemplo, é possível observar que a abordagem deve ser direcionada em primeiro momento ao atraso na entrega e da transportadora, uma vez que, atacar essas duas causas corresponde à resolução de 53% do problema da organização.



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

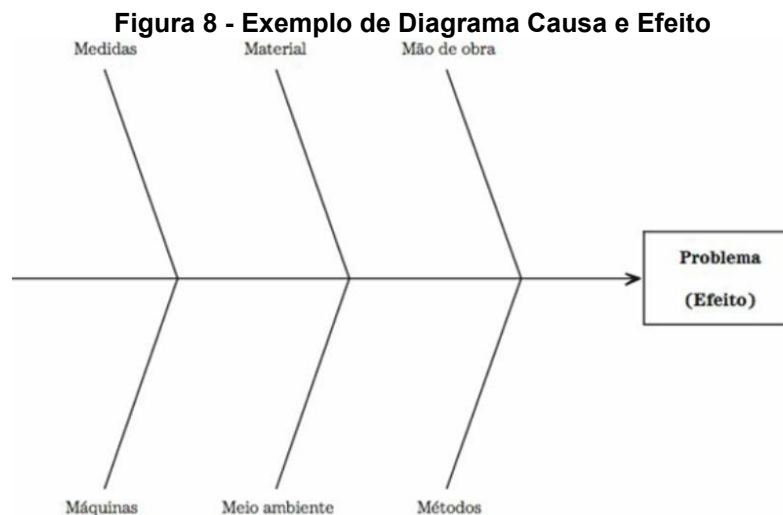
2.3.1.4 Diagrama Causa e Efeito

O Diagrama Causa e Efeito, conhecido também como espinha de peixe, em razão da sua estrutura ou diagrama Ishikawa, devido ao atributo de criação a Kaoru Ishikawa, consiste em uma ferramenta responsável por demonstrar as relações entre um problema e suas possíveis causas, auxiliando de forma significativa na identificação da causa raiz do problema (CARPINETTI, 2012).

Nesse contexto, a proposta do diagrama é simples: ele busca destacar as causas do problema ou efeito também chamado, a fim de encontrar a causa central e atacá-la desenvolvendo soluções de melhoria. Dessa forma, o mesmo pode ser utilizado em diversas áreas e setores de uma empresa por ser dinâmico, desde o processo de produção verificando causas de problemas ligados ao desempenho de equipamentos por exemplo, ou até mesmo, no Recursos Humanos (RH) na

identificação de causas na rotatividade dos operadores, ou seja, seu uso é amplo (CARVALHO et al., 2012).

Já referente a estrutura do diagrama causa e efeito, é baseado em uma espinha de peixe, conforme mencionado anteriormente, onde a linha principal finaliza apresentando o problema identificado na "cabeça do peixe". As causas estão presentes nas "costelas do peixe", enquanto as "espinhas estruturais" retratam as causas potenciais, causas que contribuem para a identificação de todas as demais causas, funcionando como uma base (KRAJEWSKI, RITZMAN, MALHOTRA; 2009). Existem seis categorias de causas potenciais, conhecidas como 6M, que incluem mão de obra, medição (medida), meio ambiente, método, material e máquina (OLIVEIRA, 2014). A Figura 8 demonstra um exemplo do diagrama causa e efeito:



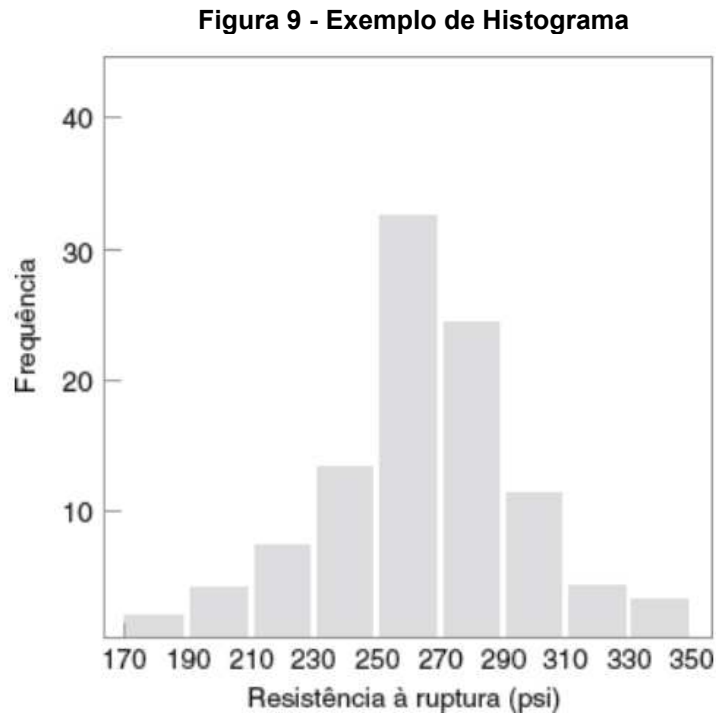
Fonte: Ramos et al. (2012)

2.3.1.5 Histograma

O Histograma, é considerado uma ferramenta estatística de controle da qualidade, sendo representado por um gráfico de barras que apresenta a distribuição de frequências de um conjunto de informações, onde a base do gráfico apresenta as classes (variáveis) e a altura refere-se à frequência dessas classes. Através da sua utilização, é possível observar inconsistências do processo e analisá-las, uma vez que demonstra as ocorrências de acontecimentos, seja de erros do processo ou perdas, por exemplo (RAMOS et al., 2012; LOBO, 2020; OLIVEIRA, 2014).

Assim, seguindo essa mesma analogia, o autor Besterfield (2009) destaca que o Histograma é uma ferramenta importante para a análise e diagnóstico de processos, pois descreve as variações produzidas durante um processo. A análise dessas

oscilações possibilita a identificação de discrepâncias no processo produtivo, muitas vezes relacionados a problemas no controle de qualidade. A Figura 9 exemplifica um histograma:

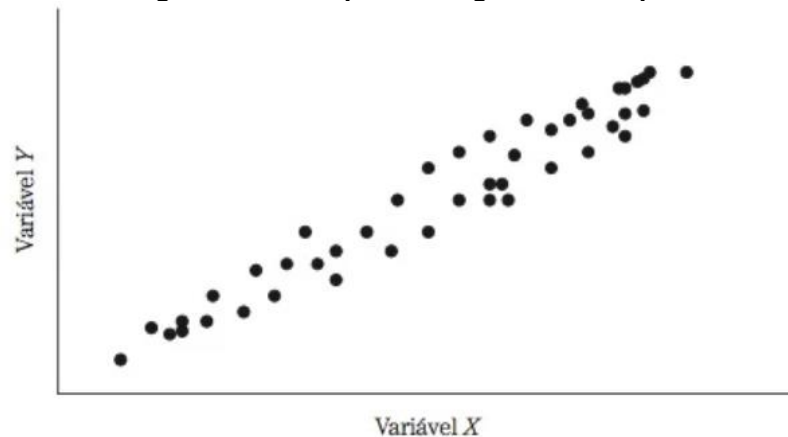


Fonte: Montgomery (2016)

2.3.1.6 Diagrama de Dispersão

O Diagrama de Dispersão, conforme Carpinetti (2012), consiste em um gráfico que possibilita a identificação da relação presente entre duas variáveis do processo, ou seja, o gráfico de dispersão analisa a relação de causa e efeito dessas variáveis. Nesse contexto, as variáveis podem ser compreendidas conforme Werkema (1995, p.45), como “[...] duas de causa de um processo, uma causa e um efeito, ou dois efeitos do processo”, assim pode se verificar correlações entre diferentes variáveis.

Desse modo, os diagramas são fáceis de serem interpretados e entendidos devido a sua representação gráfica ser simples. Por meio da sua aplicação é possível verificar se há uma relação entre as variáveis, ou não, de maneira clara (Oakland, 1994). Isso significa que, por meio do diagrama, é possível verificar se um fator específico está causando ou está associado a um problema, bem como analisar a intensidade dessa relação (KRAJEWSKI, RITZMAN, MALHOTRA; 2009). A Figura 10 apresenta um exemplo genérico do diagrama de dispersão:

Figura 10 - Exemplo de Diagrama de Dispersão

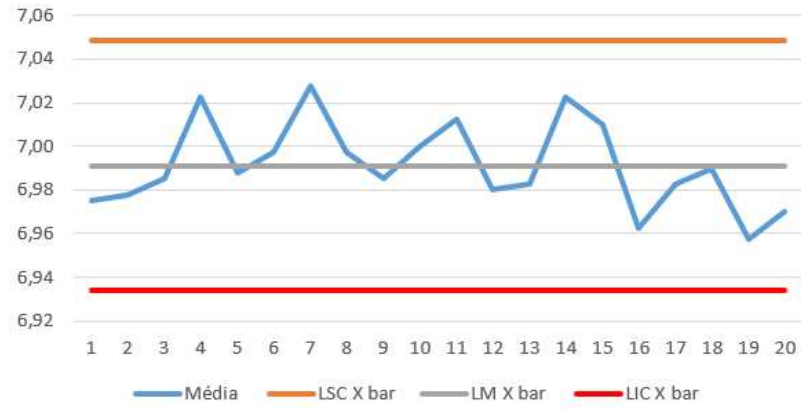
Fonte: Ramos et al. (2012)

2.3.1.7 Gráfico de Controle

Os Gráficos de Controle, ou Cartas de Controle, são ferramentas estatísticas que possuem como objetivo demonstrar se um processo se encontra dentro dos limites pré-estabelecidos de controle. Assim, consistem em analisar se o processo está ocorrendo conforme o planejado, sem nenhuma dispersão. Portanto, essa ferramenta utilizada dentro do processo produtivo, possibilita o acompanhamento das operações, permitindo a identificação de desvios (PEINADO E GRAEML, 2007).

Isso significa que, quando uma medida ultrapassa os limites tanto inferiores quanto superiores de controle estabelecidos no gráfico, se encontra fora do controle do processo, então, é necessário adotar medidas para encontrar a causa pela qual o processo está fora de controle e procurar restabelecê-lo. Caso, os dados estejam dentro parâmetros de controle, o processo está conforme como o esperado, em sua normalidade (SLACK et al., 2023). Dessa forma, os gráficos de controle são essenciais, pois auxiliam a monitorar o processo e sua variabilidade (WERKEMA, 1995). Como mostra a Figura 11:

Figura 11 - Exemplo de Gráfico de Controle
Gráfico de Controle



Fonte: Autoria própria (2024)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do estudo

A empresa em estudo está localizada no Oeste do Paraná e conta com trinta e sete anos de mercado desde sua fundação, atuando no setor industrial com uma ampla diversidade de produtos voltados para a gastronomia, como fornos, churrasqueiras, chapas, entre outros produtos. Contudo, seu carro-chefe é a fabricação de fogões. Assim, com uma marca já consolidada, a empresa atende todas as cinco regiões do Brasil, através de seus representantes e do e-commerce. Dessa forma, a organização traz consigo uma cultura de Mentalidade Enxuta, focando no alto padrão de qualidade e segurança de seus produtos, agregando valor ao cliente e buscando alternativas para reduzir desperdícios. Além disso, opera seguindo princípios de sustentabilidade, assegurando o descarte adequado dos resíduos da indústria.

3.2 Classificação metodológica

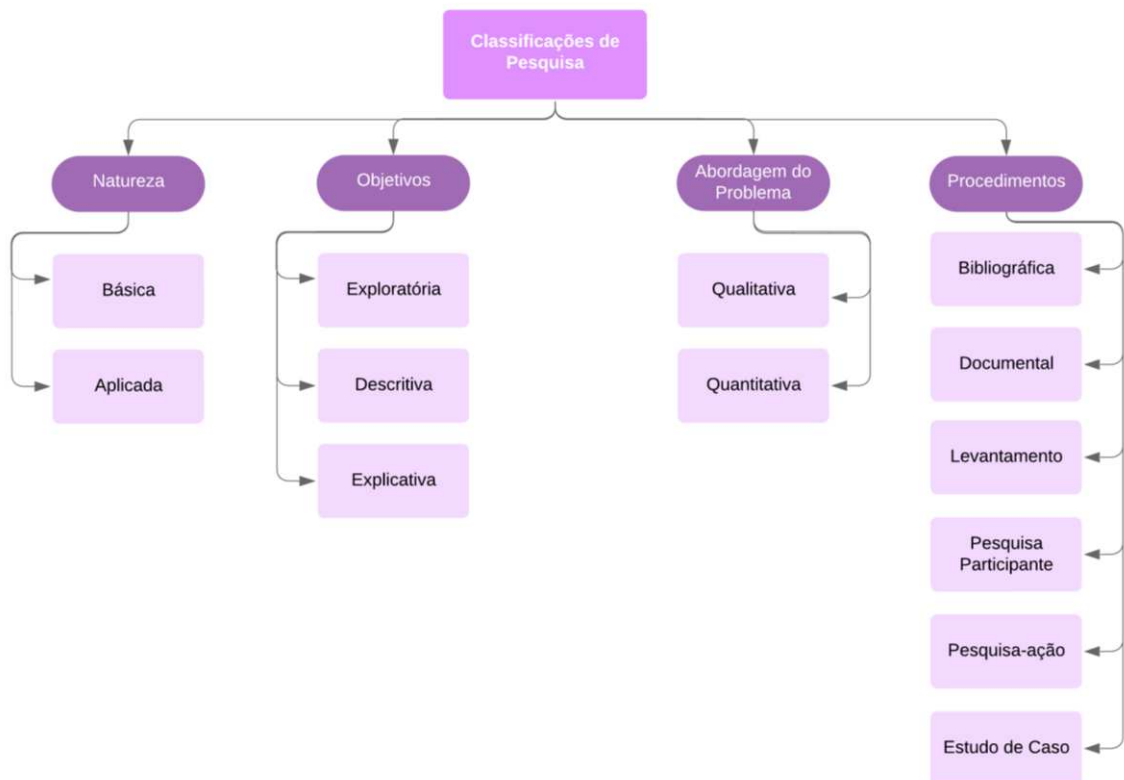
O presente trabalho consiste na otimização do processo produtivo de uma empresa utilizando a Teoria das Restrições. Sobretudo para entender a sua classificação metodológica, é necessário compreender o conceito de pesquisa, etapas e classificações, analisando qual delas se aplica a este estudo.

Nesse contexto, Gil (2022) conceitua a pesquisa como um processo lógico e sistemático cujo propósito é encontrar respostas para as problemáticas apresentadas. Alinhado a isso, Kauark et al. (2010), definem pesquisa como a forma de investigar e procurar respostas sobre determinados problemas, buscando o conhecimento. Assim, de acordo com Lakatos (2021), uma pesquisa é composta por seis etapas, sendo:

1. Escolha do problema ou tema a ser analisado;
2. Especificação do problema;
3. Formulação de hipóteses;
4. Coleta, organização e categorização dos dados coletados;
5. Processo de estudo, análise e compreensão dos dados;
6. Apresentação dos resultados.

Portanto, Gil (2022) complementa que uma pesquisa envolve várias etapas de forma sequencial desde a definição do problema a ser investigado até a análise e observação dos resultados. Dessa forma, uma pesquisa é realizada por meio de métodos científicos, com base nas classificações da pesquisa, sendo quatro classificações, de acordo com sua natureza, objetivos, abordagem do problema e procedimentos a serem utilizados. A Figura 12 demonstra todas as classificações:

Figura 12 - Classificações de Pesquisa



Fonte: Adaptado de Castilho et al. (2017), Silva e Menezes (2005)

3.2.1 Natureza da Pesquisa

Segundo Silva e Menezes (2005), quanto à natureza da pesquisa, há duas classificações, sendo básica e aplicada. A pesquisa básica, baseia-se na busca por novos conhecimentos através da ciência, sem aplicar esse conhecimento na prática. Por sua vez, a pesquisa aplicada, possui como intuito colocar em prática o conhecimento, visando a resolução de problemas.

Nesse contexto, Castilho et al. (2017) ressaltam que a pesquisa básica está relacionada ao âmbito intelectual, no objetivo de obter conhecimento de forma teórica, sem aplicá-lo, muitas vezes associado a leis, sistemas e generalizações. Por outro

lado, a pesquisa aplicada utiliza na prática os conhecimentos adquiridos, buscando solucionar diversos problemas. Dessa forma, a pesquisa em questão se enquadra como uma pesquisa aplicada, pois possui como objetivo a aplicação do conhecimento por meio da utilização da Teoria das Restrições, buscando a otimização do processo produtivo da empresa.

3.2.2 Objetivos da Pesquisa

No que diz respeito aos objetivos da pesquisa, há três classificações, conforme Gil (2022), sendo a exploratória, descritiva, explicativa. A pesquisa exploratória, possui como objetivo explorar o problema a fim de compreendê-lo de forma clara, construindo hipóteses. Já, a pesquisa descritiva, possui como propósito descrever e analisar um determinado grupo, frequentemente buscando encontrar relações entre esses fatores. E a pesquisa explicativa, por sua vez, se enquadra na pesquisa mais complexa, pois tem como intuito exemplificar o motivo das coisas, ou seja, a razão pelo qual uma determinada situação acontece, por exemplo.

Nesse cenário, Prodanov e De Freitas (2013), complementam dizendo que uma pesquisa exploratória abrange uma revisão de literatura, entrevistas com pessoas presentes no ambiente de trabalho onde a investigação será realizada, com o intuito de compartilhar suas perspectivas sobre o tema, além da análise de casos semelhantes para um melhor entendimento da questão.

Ademais, os autores ressaltam que uma pesquisa descritiva, consiste em descrever sobre dados específicos sem interferi-los, ou seja, realizando um levantamento de dados. E por fim, classificam a pesquisa explicativa como uma forma de determinar e analisar detalhadamente as variáveis de um problema, com objetivo de entender o porquê ele acontece.

Portanto, a partir desse entendimento, este trabalho se classifica como uma pesquisa exploratória, pois irá envolver toda a identificação das restrições do processo produtivo, a fim de estruturá-las e desenvolver soluções de melhorias, visando a otimização do processo e conseqüentemente ampliando os ganhos da empresa. Ou seja, entendendo sobre o problema e levantando hipóteses para resolvê-lo.

3.2.3 Abordagem do Problema

De acordo com Marconi e Lakatos (2022), em relação à abordagem do problema de pesquisa existem duas classificações, sendo a abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa possui como objetivo levantar e analisar informações de forma subjetiva e detalhada sobre um determinado tema, não se utiliza então de dados estatísticos. Por outra visão, a pesquisa quantitativa, baseia-se na coleta e na análise de dados numéricos.

O autor Alexandre (2021) em concordância destaca, que uma pesquisa quantitativa se concentra na quantificação dos dados, tanto na coleta quanto na análise aprofundada, diferentemente da pesquisa qualitativa, que se utiliza de informações subjetivas focando na observação direta de um fato específico, a fim de compreendê-lo.

No entanto, o autor ressalta que ambas as pesquisas podem se complementar, em questão da justificativa e do delineamento da pesquisa, isso significa que, em uma pesquisa, pode-se utilizar as duas abordagens de forma integrada. Assim, através dessa análise, essa pesquisa se classifica como uma abordagem qualitativa e quantitativa, uma vez que se pretende mensurar dados numéricos e se basear em informações do processo, com o objetivo de identificar os gargalos.

3.2.4 Procedimentos da Pesquisa

A respeito dos procedimentos e técnicas da pesquisa, Castilho et al. (2017) classificam em sete, como bibliográfica, documental, experimental, levantamento, pesquisa participante, pesquisa-ação e estudo de caso. Em primeiro, a pesquisa bibliográfica se caracteriza por uma pesquisa que compreende uma série de bibliografias desde livros, artigos até monografias e teses. Por segundo, a pesquisa documental, fundamenta-se na coleta de documentos envolvendo uma busca sistemática em várias fontes e acervos. Já a pesquisa experimental, possui como objetivo verificar hipóteses sobre determinado problema.

Nesse contexto, Lakatos (2021) complementa que a pesquisa bibliográfica é realizada também a partir de artigos científicos, enciclopédias, dicionários, envolvendo, assim, uma busca completa sobre o determinado tema da pesquisa. Além disso, enfatiza sobre a pesquisa documental, que se caracteriza pela coleta de

documentos provenientes a três tipos de fontes, sendo, arquivos públicos, particulares e de fontes estatísticas. Por último, ressalta a respeito da pesquisa experimental, que consiste pela análise da relação de causa-efeito entre as variáveis, por meio da execução de testes de hipóteses.

Castilho et al. (2017), ainda relatam sobre a pesquisa de levantamento, que possui como objetivo coletar informações com pessoas inseridas diretamente no contexto a ser analisado, um exemplo desse formato de pesquisa é o censo populacional. Por sua vez, a pesquisa participante envolve a interação do pesquisador com os indivíduos do cenário que será estudado. Desse modo, Gil (2022) apresenta que a pesquisa de levantamento é realizada quando se pretende compreender o comportamento de um grupo específico. Ademais, complementa sobre a pesquisa participante, ressaltando que os problemas a serem investigados nessa pesquisa são selecionados principalmente pelos integrantes inseridos no contexto a ser analisado, e não apenas pelo pesquisador, em função de uma perspectiva mais ampla sobre o assunto.

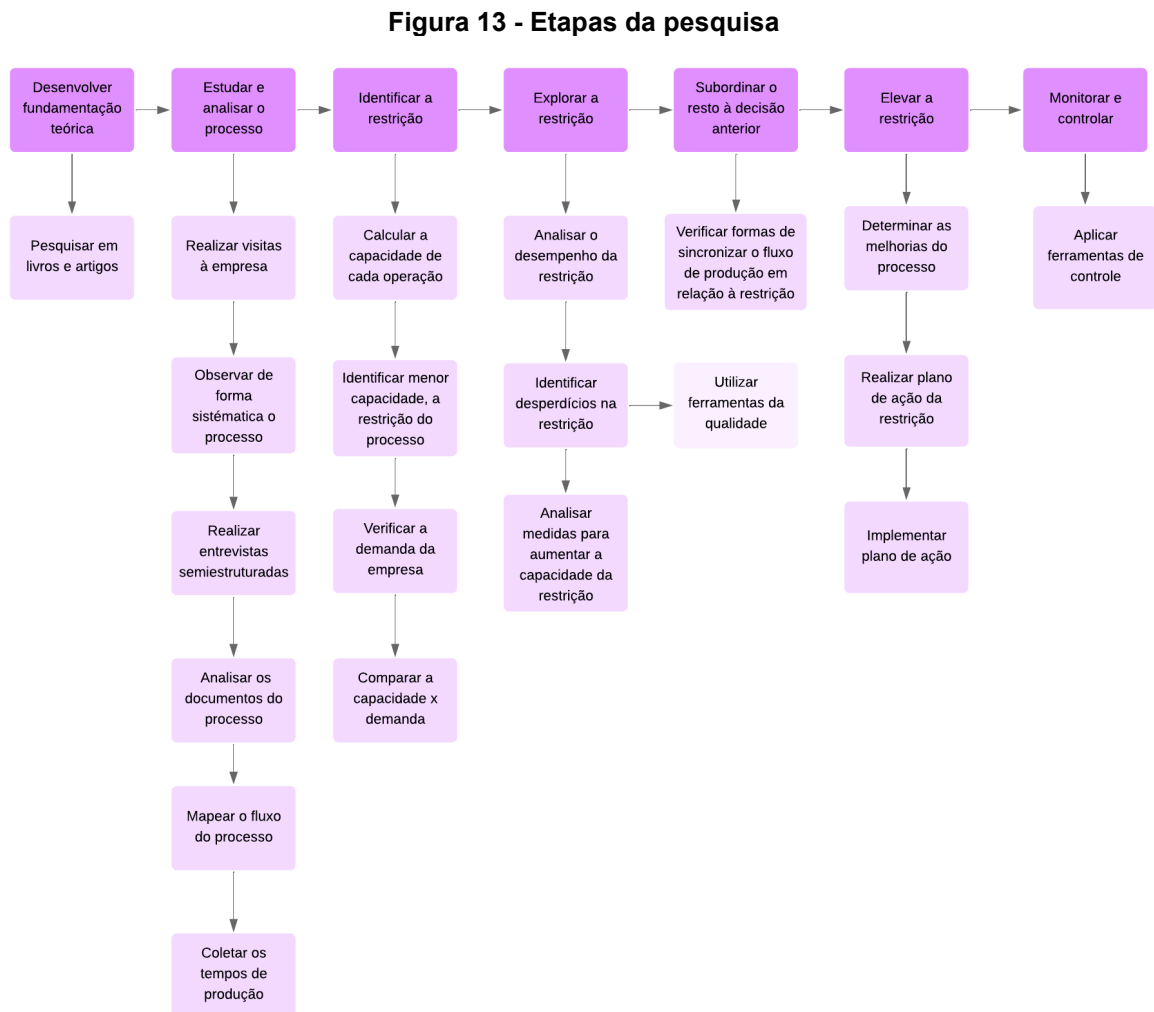
E a pesquisa-ação, segundo Castilho et al. (2017), é a pesquisa onde os pesquisadores e a equipe inserida traçam ações em conjunto para resolução de problemas. Por outro lado, o estudo de caso, é definido como uma pesquisa capaz de explorar e analisar um determinado fenômeno a fim de adquirir um conhecimento aprofundado, pensando em alternativas de melhorias.

Nesse cenário, Severino (2017) ressalta sobre a pesquisa-ação, a qual consiste pela busca de estratégias para resolução de problemas a serem investigados, onde tanto o pesquisador quanto os indivíduos envolvidos colaboram de maneira integrada para alcançar essa resolução. Por último, argumenta-se sobre o estudo de caso, que se define pela investigação de um caso específico, por meio de uma coleta de dados a serem analisados, com o objetivo de aprofundar e obter o conhecimento.

Desse modo, a classificação dessa pesquisa em relação aos seus procedimentos e técnicas é caracterizada como um estudo de caso, pois busca-se explorar e analisar o processo produtivo da empresa de forma detalhada, identificando as restrições e buscando desenvolver soluções de melhorias.

3.3 Etapas da pesquisa

A pesquisa em questão, visando alcançar seu objetivo geral de otimização do processo produtivo de uma empresa com a utilização da Teoria das Restrições, estruturou-se em sete etapas, cada uma com seus respectivos subtópicos, facilitando a compreensão do delineamento da pesquisa. Algumas dessas etapas estão descritas dentro dos cinco passos da teoria, devido a sua aplicação, conforme ilustrado na Figura 13:



Fonte: Autoria Própria (2024)

A primeira etapa consistiu em desenvolver o referencial teórico sobre o tema, realizando pesquisas em livros e artigos a fim de aprimorar o domínio e conhecimento sobre o assunto, além de examinar exemplos de aplicações. A segunda etapa, por sua vez, correspondeu no estudo e análise do processo produtivo da empresa, através de visitas para observação realizadas desde o início de março, acompanhadas de

entrevistas semiestruturadas com funcionários e gestores, além da análise de documentos relacionados ao processo, como antigos mapeamentos.

A partir dessas avaliações, foi possível definir qual produto e processo seriam analisados. Em seguida, realizou-se o mapeamento completo do processo produtivo do produto selecionado e, com base nesse mapeamento, efetuou-se a coleta dos tempos de produção de cada operação. As coletas foram realizadas em manhãs alternadas.

Dessa forma, as observações que foram realizadas nesta pesquisa são sistemáticas, pois, conforme Gil (2022), as observações sistemáticas possuem como objetivo a visualização do processo de forma detalhada por meio da coleta, estudo e compreensão de dados. Além disso, Lakatos (2021) complementa essa visão, ressaltando que na observação sistemática, o pesquisador possui clareza sobre o que está buscando para a análise. Ou seja, nesse caso da pesquisa, a identificação da restrição do processo.

Nesse sentido, outra abordagem que foi empregada na pesquisa são as entrevistas semiestruturadas, as quais, segundo Marconi e Lakatos e Castilho et al. (2017), possuem como objetivo coletar informações acerca de um tema específico, sendo classificada como uma das técnicas mais comuns para investigação. Ademais, as entrevistas semiestruturadas incluem um planejamento prévio de questões a serem formuladas. No entanto, pode-se alterar o enfoque das questões ou aprofundá-las conforme o andamento da entrevista.

Nesse contexto, a análise documental também foi utilizada na pesquisa a fim de se obter informações a partir de registros e documentos do processo. Assim, o autor Severino (2017), resalta que a análise documental é uma técnica de coleta de dados essencial, realizada através da examinação de registros e informações da empresa. Desse modo, após todo o estudo, análise do processo e coleta de dados, foi possível desenvolver os próximos passos envolvendo a aplicação da Teoria das Restrições.

Sendo assim, a terceira etapa envolveu a identificação da restrição, a qual foi realizada por meio do cálculo da capacidade produtiva de cada operação, utilizando os tempos de produção obtidos na etapa anterior. Assim, foi possível identificar se a restrição estava dentro do processo, sendo um recurso com menor capacidade ou se estava fora do processo, sendo uma restrição de mercado.

Dessa forma, nesta etapa verificou-se também a demanda da organização referente ao produto, a qual apenas informou a demanda mensal e semanal, uma vez que a empresa não dispõe de um estudo detalhado acerca das projeções de demanda. A organização utiliza apenas o controle baseado na ordem de produção, sem a aplicação de ferramentas ou técnicas específicas para previsão. Ademais, comparou-se a capacidade da linha de produção com a demanda existente, confirmando a restrição.

Desse modo, a quarta etapa envolveu explorar a restrição, analisando o seu desempenho em relação ao processo, em outras palavras, compreendendo como o gargalo está situado no fluxo de produção. Em seguida, caso a restrição estivesse situada no processo, seriam identificados os desperdícios no gargalo por meio de ferramentas da qualidade, isto é, como retrabalhos, movimentações desnecessárias, tempos improdutivos, etc. Com essas informações, seria viável analisar formas de como aumentar a capacidade da restrição.

Nesse contexto, adotou-se uma abordagem de otimização do processo, com alternativas de aprimoramento por meio de balanceamento de linha, com ênfase na alocação de funcionários e na eficiência do processo, além de uma reorganização de layout, com objetivo de melhorar o fluxo do processo.

Na quinta etapa, realizou-se a subordinação do restante à decisão anterior consistindo em verificar formas de como sincronizar o fluxo de produção em relação ao gargalo, já que o mesmo determina o ritmo do processo. Nesse sentido, na sexta etapa, procedeu-se na elevação da restrição, com o intuito de determinar as melhorias do processo, realizando e implementando um plano de ação para a restrição.

Por fim, a última etapa da pesquisa consistiu no monitoramento e controle da restrição, aplicando ferramentas de controle para o seu acompanhamento e observação de eventuais limitações que surgir no processo, isto é, novas restrições. Assim, as melhorias propostas no processo foram apresentadas ao gestor da empresa para aplicação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento dos resultados da pesquisa seguiu-se as etapas propostas conforme a Figura 13. Inicialmente, realizou-se visitas à empresa com o objetivo de observar de forma sistemática os processos produtivos, visando compreendê-los e determinar qual produto ou processo específico seria objeto de análise para a pesquisa. Essas ações foram complementadas por entrevistas semiestruturadas com o gestor, com o roteiro apresentado no Apêndice A. Desse modo, os resultados e discussões serão divididos de forma a apresentar detalhadamente cada etapa proposta e executada, iniciando pela determinação do produto analisado.

4.1 Definição do Produto

Devido à diversidade de itens produzidos pela empresa, que incluem desde fogões para uso em campings até industriais, churrasqueiras, fornos e outros produtos, tornou-se necessário estabelecer qual seria objeto de análise da pesquisa. Essa decisão foi fundamentada na demanda de mercado, nos processos de fabricação e nas questões relacionadas à produção do produto em específico.

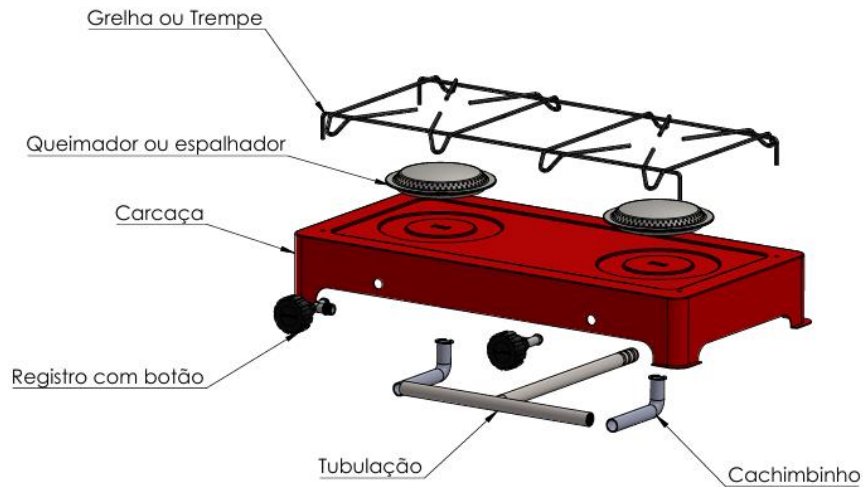
Visando esses critérios acima, o gestor apresentou o fogão camping, considerando sua complexidade de fabricação, que envolve diversos processos e uma elevada demanda. Além disso, ao analisar o procedimento de fabricação, identificou-se possíveis pontos de melhorias e estoques intermediários. Assim, a Figura 14 apresenta o produto escolhido e a Figura 15 apresenta a visão explodida, mostrando todos os seus componentes detalhados:

Figura 14 - Fogão Camping



Fonte: Fornecido pela empresa (2025)

Figura 15 - Fogão Camping Explodido



Fonte: Fornecido pela empresa (2025)

Ademais, o fogão camping possui uma variedade de cores, sendo produzido no vermelho, cinza, bege, azul, branco e havana. Com características específicas, possuindo um consumo de gás por queimador de aproximadamente 0,075 kg/h, comprimento de 44 cm, profundidade 24 cm e altura de 09 cm, proporcionando praticidade ao consumidor.

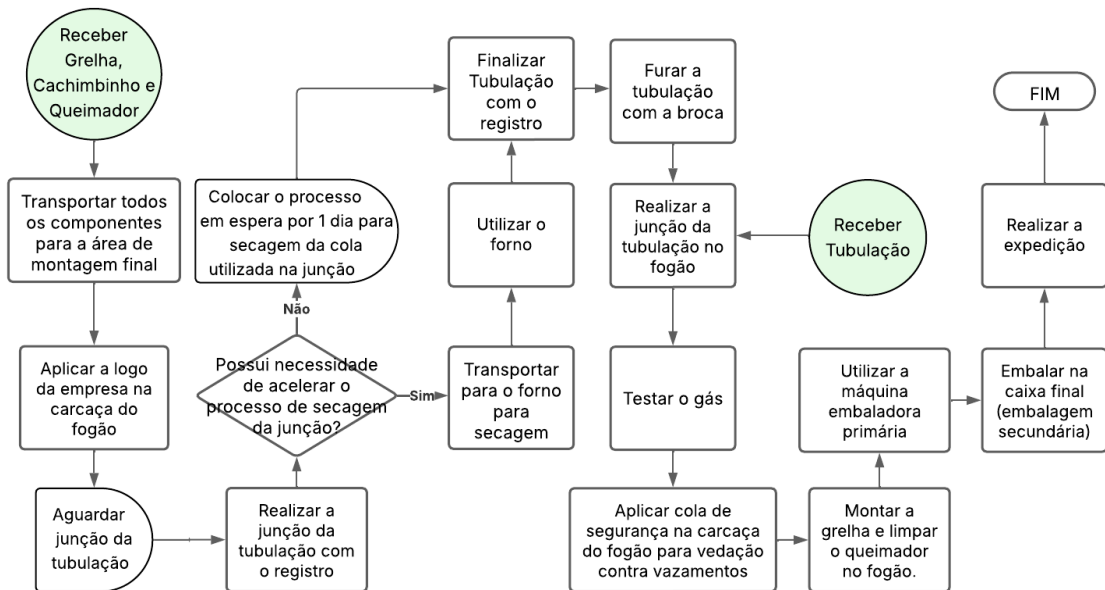
4.2 Processo Produtivo

Dessa forma, a partir da determinação do produto, iniciou-se uma análise detalhada do processo de produção, verificando as etapas e as aquisições dos materiais necessários para a fabricação. Constatou-se que as chapas de aço e os registros eram itens adquiridos externamente, enquanto todas as demais peças eram produzidas internamente pela empresa.

Nesse contexto, após diversas visitas à organização visando estudar o processo por meio da observação sistemática e das explicações fornecidas pelo gestor e pelos colaboradores, bem como mediante uma análise documental, realizou-se o mapeamento completo do processo de produção do fogão camping, com o objetivo de visualizar toda a cadeia de produção. A Figura 16 apresenta o mapeamento de forma macro, enquanto o Apêndice B o demonstra de maneira detalhada.

Diante disso, com o mapeamento do processo realizado, tornou-se necessário definir qual fase específica da produção seria analisada, levando em consideração as limitações de tempo da pesquisa. Dessa forma, definiu-se pela etapa de produção da montagem final do produto, apresentada de forma isolada na Figura 17:

Figura 17 - Mapeamento da Montagem Final do Produto



Fonte: Autoria própria (2025)

Além disso, durante a etapa de montagem final, foram identificados diversos estoques intermediários ao longo do processo produtivo, consistindo em produtos aguardando processamento. A Figura 18 ilustra esses estoques:

Figura 18 - Estoques intermediários

Fonte: Fornecido pela empresa (2025)

4.3 Cronoanálise do processo

Dessa maneira, após delimitar e compreender o processo, realizou-se a cronoanálise, etapa na qual foram coletados os tempos de produção com a finalidade de posteriormente calcular a capacidade produtiva e dar início ao desenvolvimento da aplicação da teoria das restrições. Assim, as coletas foram efetuadas presencialmente em duas semanas alternadas, compreendendo duas manhãs. Logo, as atividades do processo de montagem coletadas foram:

1. Aplicação da logo da empresa;
2. Furar a tubulação com a broca;
3. Realizar a junção da tubulação no fogão;
4. Testar o gás;
5. Aplicar cola de segurança na carcaça do fogão;
6. Montar a grelha e o queimador no fogão;
7. Utilizar a máquina embaladora primária;
8. Embalar na caixa final (embalagem secundária).

Resultando-se no Tempo Padrão (TP) em 355,75 segundos. Nesse cenário para verificar a precisão da amostra e a quantidade de amostras necessárias para cada estação de trabalho, utilizou-se o cálculo do Número de Ciclos de Medida, ou seja, número de amostras. A Fórmula 7 demonstra essa relação:

$$N = \left(\frac{100 * Z * S}{a * x} \right)^2 \quad (7)$$

Onde, cada letra representa uma relação, sendo “z” considera-se o desvio padrão da normal, estipulado por 1,96, “s” representa o desvio padrão da amostra, “a” em porcentagem a precisão final desejada, nessa pesquisa 10% e o “x” representa a média das médias. Portanto, com essa equação é possível verificar a precisão e quantidade de amostras, nesse sentido, observa-se na Tabela 2 esse cálculo para cada atividade:

Tabela 2 - Nº de amostras necessárias para cada atividade

	1	2	3	4	5	6	7	8		z= 1,96
Desvio padrão	0,802059	1,818637	5,306111	9,960933	2,889154	7,574513	2,678431	7,636991		
Coef. Variação	0,147194	0,135669	0,097007	0,144211	0,065315	0,243168	0,169268	0,12691		
Nº amostras	8,323219	7,070836	3,615047	7,98933	1,638836	22,71566	11,00688	6,18729		

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Nesse sentido, observa-se que a quantidade de amostras requeridas para as atividades corresponde ao número obtido na coleta, exceto nas atividades 6 e 8, onde há uma necessidade a mais de coleta. Contudo, devido à limitações, como a interrupção do processo em função da espera por materiais, não foi possível obter novamente os tempos dessas atividades. Ainda assim, a cronoanálise permanece válida, uma vez que as demais amostras atendem à quantidade necessária para análise, conforme a Tabela 2.

Além disso, na amostra referente à atividade 4, houve a necessidade de excluir determinados tempos registrados, os quais estão assinalados em amarelo na Tabela 1. Devido, a inconsistências nos tempos, uma vez que o processo não estava ocorrendo de forma regular, apresentando um ritmo superior ao habitual. Por essa razão, tornou-se necessário realizar ajustes nos registros dos tempos obtidos dessa atividade, desconsiderando os tempos que apresentavam um ritmo superior ao padrão observado, para a realização da cronoanálise.

Ademais, a empresa forneceu o *lead time* do produto, que corresponde ao período desde a emissão do pedido de fabricação até a sua chegada ao cliente, que é em média 40 dias. Assim, com os tempos coletados, com o *lead time* do processo e com a verificação das amostras necessárias realizou-se a próxima etapa da pesquisa, o cálculo da capacidade produtiva de cada operação e a verificação da demanda do produto.

4.4 Capacidade Produtiva e Demanda

Para identificar a restrição do processo, que corresponde ao recurso com menor capacidade e constitui o primeiro passo da Teoria das Restrições, foi necessário primeiramente avaliar o tempo real disponível da produção já descontando as paradas. Assim, pode ser observado na Tabela 3 a disponibilidade de trabalho em segundos/semana:

Tabela 3 - Disponibilidade de trabalho

Tempo disponível por operador por semana	
8h48min por dia já descontando o horário de almoço e as paradas, 5 dias da semana	
$8h e 48min/60min = 0,8h = 8,8h \text{ por dia} * 60 \text{ min} * 60 \text{ segundos} * 5 \text{ dias na semana} =$	
158400	segundos/semana

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Ademais, baseando-se também nos tempos obtidos por meio da cronoanálise, considerando a quantidade de colaboradores no setor e a distribuição das atividades desempenhadas por cada um — sendo 5 colaboradores no setor da montagem com as atividades alocadas entre eles —; assim, realizou-se o cálculo da capacidade produtiva para cada posto de trabalho, utilizando a Fórmula 3 da capacidade efetiva, como mostra a Tabela 4:

Tabela 4 - Capacidade produtiva por semana de cada estação de trabalho

ID	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Tempo médio (s) conforme as estações de trabalho	Capacidade (unid/semana)
1 + 8	Logo da empresa + Embalar na caixa final (embalagem secundária)	65,63	2414
2 + 4	Furar a tubulação com a broca + Testar o gás	82,48	1921
3	Realizar a junção da tubulação no fogão	54,70	2896
5	Aplicar cola de segurança na carcaça	44,23	3581
6 + 7	Montar a grelha e limpar o queimador no fogão + Utilizar a máquina embaladora primária	46,97	3372

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Dessa forma, pode-se verificar também o tempo de ciclo do processo, que é o maior tempo entre as estações de trabalho, ou seja, o maior tempo da linha. A partir desse valor, calcula-se a capacidade total da linha, obtido pela divisão do tempo disponível pelo tempo de ciclo. A Tabela 5 a seguir apresenta esses dados:

Tabela 5 - Tempo de ciclo e Capacidade total da linha	
Tempo de ciclo - Conforme alocação atual das atividades	
82,48	
Capacidade da linha = Tempo disponível / Tempo de ciclo	
Capacidade da linha:	1921

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Portanto, com base na capacidade de produção de cada estação de trabalho, expressa em unidades por semana, realizou-se uma comparação com a demanda fornecida pela empresa. Essa demanda é de 3.000 fogões camping por mês e corresponde a uma média semanal de 750 unidades, conforme os registros de produção da organização. Observa-se na Tabela 6 essa relação:

Tabela 6 - Capacidade versus Demanda					
ID	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Tempo médio (s) conforme as estações de trabalho	Capacidade (unid/semana)	Demanda semanal (unid)	Demanda Mensal (unid)
1 + 8	Logo da empresa + Embalar na caixa final (embalagem secundária)	65,63	2414	750	3000
2 + 4	Furar a tubulação com a broca + Testar o gás	82,48	1921	750	3000
3	Realizar a junção da tubulação no fogão	54,70	2896	750	3000
5	Aplicar cola de segurança na carcaça	44,23	3581	750	3000
6 + 7	Montar a grelha e limpar o queimador no fogão + Utilizar a máquina embaladora primária	46,97	3372	750	3000

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Sendo assim, ao analisar a capacidade produtiva da linha, conforme a Tabela 5, que é de 1921 unidades por semana e a demanda semanal apresentada na Tabela 6, verifica-se que a capacidade de produção excede a demanda existente, ou seja, a restrição não está no processo, uma vez que há sobra de capacidade. Portanto, a restrição encontra-se no mercado.

4.5 Explorar a Restrição

Após a identificação da restrição, procedeu-se ao segundo passo da aplicação da Teoria das Restrições, com o objetivo de explorar a restrição, isto é, analisar seu desempenho, identificar desperdícios e avaliar medidas de aumentar sua capacidade. Entretanto, como restrição não se encontra no processo analisado, mas sim no mercado, ou seja, a limitação está na demanda, e não na capacidade de produção.

Dessa forma, o foco estaria em iniciativas da empresa voltadas ao aumento do volume de vendas, como há capacidade de produção disponível. Assim, seria possível explorar a restrição por meio de estratégias comerciais. Contudo, mesmo não sendo possível atuar diretamente na restrição encontrada, por se tratar de uma decisão estratégica da empresa, realizaram-se análises de otimização do processo considerando o cenário atual, observando a alocação das atividades e a eficiência do processo, visando identificar oportunidades de melhorias.

Sendo assim, com base nos tempos médios de produção de cada estação de trabalho, apresentados na Tabela 4, elaborou-se um balanceamento de linha com o objetivo de verificar o número de estações de trabalho necessárias e a eficiência atual do processo. Desse modo, primeiramente utilizou-se o Tempo Padrão (TP) obtido na cronoanálise, conforme apresentado na Tabela 1, e o Tempo Constante (C), sendo exposto pela Fórmula 8:

$$C = \frac{\text{Tempo disponível por semana}}{\text{Capacidade semanal}} \quad (8)$$

Assim, calculou-se a quantidade necessária de postos de trabalho com base na situação atual do processo, obtido pela divisão final entre Tempo Padrão (TP) pelo Tempo Constante (C). A Tabela 7, apresenta esses cálculos:

Tabela 7 - Postos de trabalho necessários situação atual

Disponibilidade de trabalho	8h48 min/dia	158400 segundos/semana
Demanda semanal	750 fogões/semana	
TP	335,75	s/peça
C	211,2	s
N	1,59	= 2 postos de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Com base na Tabela 7, constata-se que seriam necessários apenas dois postos de trabalho. Além disso, avaliou-se a eficiência do processo através das atividades e

dos tempos médios registrados, apresentados na Tabela 4. Assim, foi possível determinar a eficiência, conforme demonstrado na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Balanceamento de linha atual

Cenário -Atual						
Operadores / Atividades	1	2	3	4	5	Total
Atividade	1+ 8	2+4	3	5	6+7	
Tempo atividade	65,63	82,48	54,70	44,23	46,97	294,01
Tempo constante	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	1056
Eficiência	31%	39%	26%	21%	22%	28%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Contudo, observa-se que com a alocação das atividades no cenário atual, o processo apresenta uma eficiência de somente 28%. Nesse contexto, optou-se por rebalancear o processo com o objetivo de otimizá-lo, buscando aumentar a eficiência da produção.

Portanto, a análise inicial concentrou-se na junção de atividades e na redução do quadro de colaboradores, considerando a avaliação dos postos de trabalho. Nesse contexto, realizou-se a junção da atividade 5 com as atividades 1 e 8, e a união da atividade 3 com as atividades 6 e 7, sempre avaliando a função de forma global e verificando a viabilidade de execução do processo.

Dessa forma, o cenário resultou em apenas três colaboradores responsáveis por oito funções distintas; entretanto, mesmo diante dessa possibilidade, a eficiência permaneceu abaixo de 60%, atingindo o percentual de 46%, a Tabela 9 apresenta essa análise inicial:

Tabela 9 - Balanceamento de linha redução do quadro

Possível cenário - Redução do quadro de funcionários				
Operadores / Atividades	1	2	3	Total
Atividade	1+ 5 + 8	2+4	3 + 6 + 7	
Tempo atividade	109,86	82,48	101,67	294,01
Tempo constante	211,2	211,2	211,2	633,6
Eficiência	52%	39%	48%	46%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Nesse sentido, a segunda análise efetuada consistiu em avaliar a disponibilidade de mão de obra. No cenário presente, o setor de montagem opera com uma disponibilidade integral de 8 horas e 48 minutos para essas funções, conforme apresentado na Tabela 3. Decidiu-se por avaliar a disponibilidade reduzida para 6 horas de trabalho, devido à capacidade produtiva ser excedente a demanda com a jornada atual, ou seja, com o objetivo de verificar como essa redução na disponibilidade afetaria a capacidade produtiva e a alocação de trabalho.

Assim, buscou-se determinar como os postos de trabalho e o balanceamento se comportariam diante dessa alteração no tempo disponível para a execução do processo. Dessa maneira, os postos foram avaliados de acordo com as mesmas fórmulas utilizadas anteriormente, a Tabela 10 apresenta a nova análise dos postos com a redução da disponibilidade de trabalho:

Tabela 10 - Postos de trabalho necessários proposto

Disponibilidade de trabalho	6h/dia	108000 segundos/semana
Demanda semanal	750 fogões/semana	
TP	335,75	s/peça
C	144	s
N	2,33	= 3 postos de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Ao analisar a tabela 10, considerando uma jornada de trabalho de 6 horas, o processo de montagem demandaria a utilização de três postos de trabalho, ou seja, um a mais em comparação com a análise anterior realizada sob as condições atuais da empresa. Nessa mesma avaliação, ao verificar o balanceamento da linha com disponibilidade de 6 horas e ao aplicar a redução no quadro de funcionários analisada anteriormente também, chegou-se à configuração apresentada na Tabela 11:

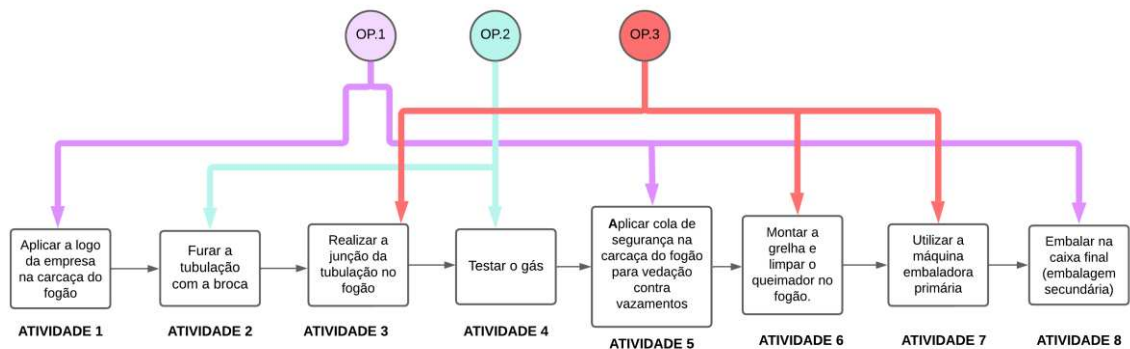
Tabela 11 - Balanceamento de linha proposto

Possível cenário -com disponibilidade de 6h por semana e redução no quadro de funcionários				
Operadores / Atividades	1	2	3	Total
Atividade	1+ 5 + 8	2+4	3 + 6 + 7	
Tempo atividade	109,86	82,48	101,67	294,01
Tempo constante	144	144	144	432
Eficiência	76%	57%	71%	68%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Com esse cenário proposto de redução da disponibilidade de trabalho e a redução do quadro de funcionários, a eficiência do processo atingiria um índice superior ao percentual de 60%, sendo 68%. Ademais, foi elaborado um esquema de distribuição das tarefas conforme a proposta de alocação de trabalho, ilustrado na Figura 19:

Figura 19 - Alocação de trabalho proposta



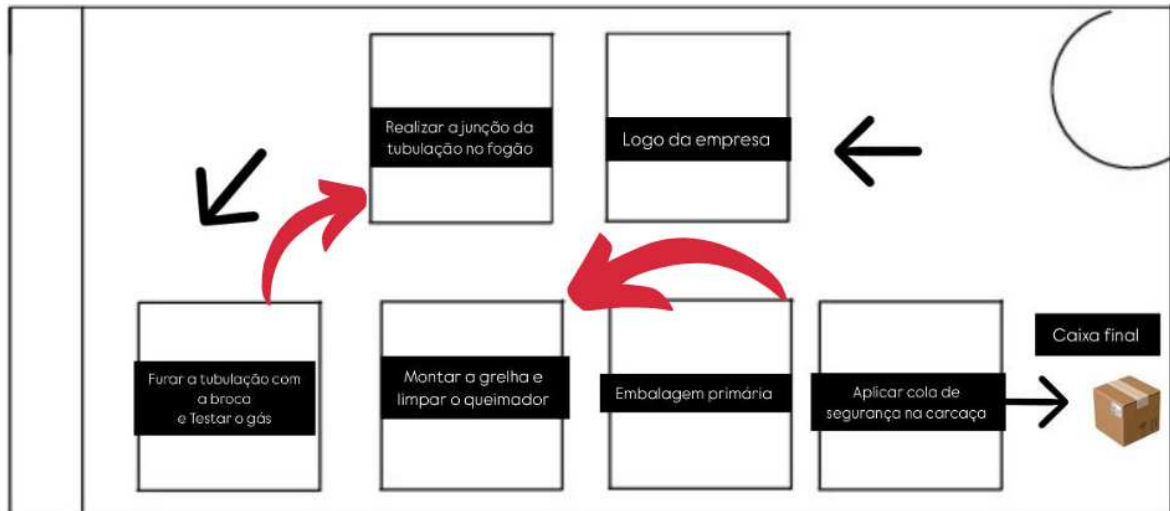
Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Desse modo, embora não tenha sido viável trabalhar diretamente na restrição do processo devido à sua origem no mercado, foi possível analisar estratégias voltadas à otimização do processo, visando à melhoria da eficiência do processo produtivo, com ênfase no balanceamento de linha apresentado.

Assim, a partir do balanceamento, o processo foi reequilibrado, resultando em maior eficiência, melhor fluxo e, conseqüentemente, redução dos estoques intermediários. Ademais, sugere-se uma reformulação no layout do processo de

montagem com o objetivo de melhorar o fluxo, uma vez que há deslocamento desnecessários dentro do processo produtivo, sendo apresentado na Figura 20:

Figura 20 - Layout atual

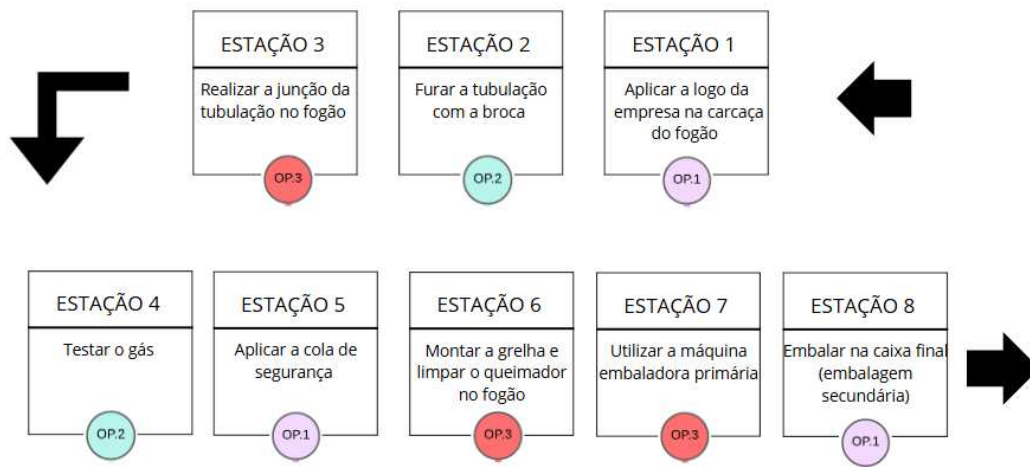


Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Na Figura 20, destaca-se a seta vermelha que simboliza a movimentação desnecessária dentro do processo. Especificamente, o procedimento de aplicação da cola de segurança na carcaça do fogão, que se encontra situado após a etapa de embalagem primária. Nesse contexto, o operador necessita deslocar-se novamente até a área de embalagem primária para realizar essa atividade. Da mesma forma, com o processo de furar a tubulação com a broca, que o operador necessita deslocar-se também para levar as tubulações já com o furo para realizar a junção no fogão, conseqüentemente, voltar para o seu posto para testar o gás.

Além disso, observou-se as movimentações relacionadas à montagem da grelha e a limpeza do queimador e, verificou-se que o transporte dos fogões já processados até o colaborador responsável pela aplicação da cola na carcaça configura-se como uma movimentação desnecessária, devido ao descolamento excessivo. Assim sendo, propõe-se um novo layout visando à otimização do fluxo produtivo, com uma nova disposição das atividades conforme o balanceamento de linha, organizadas de maneira sequencial, evitando deslocamentos superficiais. Observa-se na Figura 21 essa proposição:

Figura 21 - Layout proposto



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

4.6 Subordinar o resto à decisão anterior, Elevar a restrição e Monitorar e Controlar

Nesse contexto, todas essas demais etapas da aplicação da Teoria da Restrição, como a sincronização do fluxo de produção em relação à restrição, o aumento da capacidade da restrição por meio de melhorias no processo, a elaboração e execução de um plano de ação; bem como, a utilização de ferramentas de controle para monitoramento e gestão da restrição, não puderam ser desenvolvidas, devido à natureza da restrição, se encontrar no mercado.

Dessa forma, tais ações estariam direcionadas à organização, no sentido de ampliar seu volume de vendas, concentrando-se no aspecto comercial. No entanto, no âmbito de aplicação das melhorias propostas para a otimização do processo, elaborou-se um plano de ação interno, direcionado na aplicação do balanceamento de linha e na alteração do layout, possibilitando a implementação prática dessas melhorias pela empresa. Esse plano de ação pode ser observado na Tabela 12:

Tabela 12 - Plano de ação

Plano de ação - Aplicação do Balanceamento de Linha e Alteração do Layout						
O que?	Por quê?	Quem?	Quando?	Onde?	Como?	Quanto?
Validar proposta de balanceamento e do layout com os colaboradores do setor	Para garantir viabilidade operacional e participação dos operadores	Supervisor de Produção	23/06/2025	Na empresa	Com a realização de uma reunião de apresentação e ajustes	Sem custo
Reorganizar postos de trabalho conforme novo balanceamento	Para aplicar a redistribuição das atividades	Supervisor de Produção	25/06/2025	No setor de montagem	Realizando a distribuição das tarefas conforme o balanceamento apresentado	Sem custo
Executar alteração física do layout	Com o objetivo de melhorar fluxo de materiais e deslocamentos desnecessários	Supervisor de Produção	30/06/2025	No setor de montagem	Realizando as mudanças propostas na redistribuição do layout	Sem custo
Realizar um treinamento prático da equipe na implementação do novo fluxo e balanceamento	Com o intuito de garantir o entendimento dos colaboradores na execução das atividades redistribuídas.	Supervisor de Produção	01/07/2025	No setor de montagem	Explicando na prática a nova distribuição e realizando simulações do processo	Sem custo
Acompanhar desempenho pós-implantação	Para verificar o andamento do processo, observando novas oportunidades de aprimoramento	Supervisor de Produção	A partir o treinamento, de forma constante	No setor de montagem	Coletando novamente os tempos produção para análises, verificando o balanceamento de linha e a eficiência do processo	Sem custo

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo geral otimizar o processo produtivo de uma empresa com aplicação da Teoria das Restrições (TOC), buscando responder à questão: Como ampliar os ganhos da empresa com a utilização da TOC? Tendo em vista esse questionamento, os resultados obtidos permitiram responder essa pergunta. A ampliação dos ganhos foi possível, através da identificação da restrição do processo, sendo uma restrição de mercado, direcionando a empresa a estratégias atreladas ao aumento do volume de vendas em até 50% conforme sua capacidade excedente.

Além disso, por meio do balanceamento de linha realizado, foi possível redistribuir as atividades e aumentar a eficiência do processo em 68%. Ademais, houve uma reorganização do layout para reduzir as movimentações desnecessárias e melhorar o fluxo do processo. Essas ações foram propostas com foco no aprimoramento contínuo, alcançando os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, sendo identificação e estruturação das restrições, desenvolvimento de soluções para o processo e ampliação da eficiência da linha de produção.

Desse modo, as ações propostas tiveram como objetivo melhorar a eficiência, otimizar recursos e reduzir retrabalhos e desperdícios, visando ampliar os ganhos da empresa. Assim, conforme apontado por Goldratt e Cox (1993), busca-se atingir a meta da empresa, a qual é sobretudo, obter lucro. Dessa forma, com o aumento do volume de vendas e a maior eficiência do processo, a empresa estará ainda mais próxima da meta. Ademais, tais ações possibilitam à organização a aprimorar a gestão e a utilização de seus recursos, com uma visão clara sobre seu processo de produção.

Portanto, como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da TOC nos demais processos e produtos da empresa. Sugere-se também analisar a discrepância entre a capacidade de produção e o *lead time* de 40 dias, buscando otimizar os resultados operacionais e estratégicos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, Agripa F. **Metodologia científica: princípios e fundamentos** . 3.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2021. *E-book*. pág.40. ISBN 9786555062236. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555062236/>. Acesso em: 02. Jun. 2025.
- BESTERFIELD, Dale H. **Control de Calidad**. Octava Edición. México: Pearson Educación, 2009.
- BORNIA, Antônio César. **Análise Gerencial de Custos: aplicação em empresas modernas**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BUTURE, Ediléia Camila Fernandes; BUTURE, Luiz Fernando de Paula; FERNANDES, Luiz Rafael. **Análise da relevância da capacidade produtiva nas indústrias**. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, 2019.
- CARMO, Breno Barros Telles do, et al. **Avaliação da demanda por biodiesel em função de um modelo de previsão de demanda por diesel**. 2009.
- CARPINETTI, L. C. Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2012.
- CASTILHO, Auriluce Pereira; BORGES, Nara Rúbia Martins; PEREIRA, Vânia Tanús. **Manual de metodologia científica do ILES/ULBRA Itumbiara-GO**. 3 ed. Itumbiara: ILES/ULBRA, 2017.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu Gustavo N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção - MRP II / ERP, 6ª edição** . Rio de Janeiro: Atlas, 2018.
- COX III, F. J.; SCHLEIER, J. G. **Handebook da teoria das restrições**. Porto alegre: Bookman, 2013.
- DA SILVA, Fernanda Rodrigues, et al. **O papel das ferramentas da qualidade na gestão das organizações**, 2021.
- DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: Princípios, Conceitos e Gestão** . 7ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2023.
- FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.
- FERREIRA, A. H. **Aspectos importantes na implantação da teoria das restrições na gestão da produção: um estudo multicaso**. Dissertação (Mestrado em

Administração das Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022.

GOLDRATT, E. M., FOX, R. E. **A Corrida**. São Paulo: IMAM, 1989.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta**. 11. ed. São Paulo: Educator, 1993.

GUERREIRO, Reinaldo. **A meta da empresa: seu alcance sem mistérios**. São Paulo: Atlas, 1999.

GUERRINI, Fabio M. **Planejamento e Controle da Produção - Modelagem e Implementação** . 2ª edição. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018.

JR., Murís L. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática** . Rio de Janeiro: LTC, 2019.

JURAN, Joseph M.; DEFEO, Joseph A. **Fundamentos da qualidade para líderes** . Porto Alegre: Bookman, 2015.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metologia da Pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KIRCHNER, Arndt. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

KRAJEWSKI, L. J.; MALHOTRA, M. K.; RITZMAN, L. P. **Administração de produção e operações**. 8 ed. São Paulo: Pearson Education, 2009.

LAKATOS, Eva M. **Técnicas de Pesquisa** . 9ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2021.

LAUGENI, Fernando P.; Petrônio Garcia. **Administração da produção** . 3ª edição. Rio de Janeiro: Saraiva Uni, 2015.

LIMEIRA, Erika Thalita Navas P.; LOBO, Renato N.; MARQUES, Rosiane do N. **Controle da Qualidade - Princípios, Inspeção e Ferramentas de Apoio na Produção de Vestuário**. Rio de Janeiro: Érica, 2015.

LOBO, Renato N. **GESTÃO DA QUALIDADE** . 2ª edição. Rio de Janeiro: Érica, 2020.

LOBO, Renato N.; SILVA, Damião Limeira da. **Série Eixos - Planejamento e controle da produção** . 2ª edição. Rio de Janeiro: Érica, 2021.

LOZADA, Gisele; ROCHA, Henrique M.; PIRES, Marcelo R S. **Planejamento e controle de produção** . Porto Alegre: SAGAH, 2017.

LUCID SOFTWARE INC. **Lucidchart**. Versão online. Disponível em: https://lucid.app/documents#/home?folder_id=recent. Acesso em: 3 março 2025.

LUSTOSA, Leonardo, et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

- MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica** . 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022.
- MOELLMANN, Artur H. **Aplicação da teoria das restrições no gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 2nd ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade, 7ª edição** . Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MOREIRA, Daniel. **Administração da Produção e Operações**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2012.
- NETO, R. M. S. et al. **Aplicação das sete ferramentas da qualidade em uma fábrica de blocos standard de gesso**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 1-25, 2017.
- NETTO, Alvim Antônio de Oliveira; TAVARES, Wolmer Ricardo. **Introdução a Engenharia de Produção**. Florianópolis: Visual Books, 2006.
- OAKLAND, John. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Editora Nobel, 1994.
- PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade- Teoria e Prática** . 5ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2024.
- PAVAN, Anderson, et al. **Uma revisão sobre a aplicação da teoria das restrições (TOC) para identificação de melhorias em um centro de distribuição**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil João Pessoa/PB, 2016.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PITON, Carina Lemos, et al. **Análise da capacidade produtiva dos equipamentos através do indicador OEE em um setor de salgadinho de uma indústria alimentícia**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil João Pessoa/PB, 2016.
- POLESELLO, André Luís. **Aplicação da Teoria das Restrições no Sistema Produtivo de uma Empresa de Nutrição Animal**. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013;
- RAHMAN, S. The Theory of constraints 'thinking process approach to developing strategies in supply chain. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.9/10, p. 809-827, 2002.

RAMOS, Edson M. L. S.; ALMEIDA, Sílvia S.; ARAÚJO, Adrilayne R. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SANTOS, Aguinaldo Ferreira dos; LOZADA, Gisele; JORDÃO, Emmanuela de A.; et al. **Planejamento e Controle de Produção**. Porto Alegre: SAGAH, 2020.

SEVERINO, Antônio J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2017.

SILVA, Carlos Eduardo Caetano Lima; QUEIROZ, Evando De Souza. A importância das ferramentas de gestão de qualidade na indústria alimentícia. **Natural Resources**, v.12, n.2, p.1-9, 2022.

SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, 2005.

SIPPER, D.; BULFIN JR., R. L. **Planeación y Control De La Produccion**. México: McGraw-Hill, 1998.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Administração da Produção**. 10ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2023.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Roberto. **Administração da Produção**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2018.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática**, 3ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.

VERÍSSIMO, Andrey Jonas et al. Métodos estatísticos de suavização exponencial Holt-Winters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico. **Revista gestão industrial**, v. 8, n. 4, 2013.

VERMA, R. **Management science, theory of constraints/optimized production technology and local optimization**. Omega, International Journal of Management, v. 25, n. 2, p. 189-200, abril 1997.

VOITTO. **Folha de verificação**: o que é e como utilizar na prática. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/folha-de-verificacao>>. Acesso em: 22 novembro 2024.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 1995.

**APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA APLICADA AO
GESTOR**

1. Há desenvolvimento de novos produtos? A empresa estuda a demanda do mercado para saber as tendências?
2. Atualmente, consegue atender toda a demanda do mercado?
3. Caso houvesse a possibilidade de ampliar a produção, seria possível atender um volume maior de pedidos?
4. Existe algum produto cuja demanda a empresa não conseguiria atender?
5. Quais são os produtos da fabricados pela empresa e quais os respectivos processos de fabricação?
6. Como funciona a programação de vendas do Fogão Camping? Qual a demanda semanal e mensal?
7. No processo produtivo do Fogão Camping, quais componentes são adquiridos de fornecedores e em qual quantidade por lote?
8. Qual o *Lead Time* atual para a fabricação do Fogão Camping?
9. Qual a disponibilidade de trabalho do setor de Montagem Final do Fogão Camping?

APÊNDICE B - MAPEAMENTO DO FOGÃO CAMPING EM ETAPAS

FLUXOGRAMA DE PROCESSOS

