

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA
ENGENHARIA MECÂNICA**

**JULIANA PEREIRA TAVARES
PEDRO RAFAEL FIGUEIREDO CAMPOS**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE SEMIACABADO PARA PNEUMÁTICO DE UMA FÁBRICA
LOCALIZADA NA ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO**

**RIO DE JANEIRO
2022**

**JULIANA PEREIRA TAVARES
PEDRO RAFAEL FIGUEIREDO CAMPOS**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE SEMIACABADO PARA PNEUMÁTICO DE UMA FÁBRICA
LOCALIZADA NA ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof. Lais Amaral Alves
Co-orientador: Prof. Alexandre Ali
Guimarães

RIO DE JANEIRO

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

- T231 Tavares, Juliana Pereira
Aplicação de ferramentas da qualidade para otimização da produção de semiacabado para pneumático de uma fábrica localizada na zona oeste do Rio de Janeiro / Juliana Pereira Tavares [e] Pedro Rafael Figueiredo Campos. — 2022.
64f. : il.(algumas color). ; enc.
- Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.
Bibliografia : f. 61-64
Orientadora: Laís Amaral Alves
Coorientador: Alexandre Ali Guimarães
1. Engenharia mecânica. 2. Controle de qualidade. 3. Eficiência organizacional. 4. Produtividade industrial. I. Campos, Pedro Rafael Figueiredo. II. Alves, Laís Amaral (Orient.). III. Guimarães, Alexandre Ali. (Coorient.). IV. Título.

CDD 621

**JULIANA PEREIRA TAVARES
PEDRO RAFAEL FIGUEIREDO CAMPOS**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE SEMIACABADO PARA PNEUMÁTICO DE UMA FÁBRICA
LOCALIZADA NA ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em 10 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

PROF. LAIS AMARAL ALVES

PROF. ALEXANDRE ALI GUIMARÃES

**PROF. ALEXANDRE BARBOSA
MARQUES**

PROF. JOÃO DE JESUS DOS SANTOS

Dedicatória Juliana:
Este trabalho é dedicado aos meus pais, meus irmãos, meus primos, meus avós e meus tios pois é graças ao seu esforço que hoje posso concluir o meu curso.

Dedicatória Pedro:
Dedico este trabalho a minha mãe, minhas irmãs, minhas sobrinhas, minha avó e minhas madrinhas. Às mulheres da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos Pedro:

Primeiramente a Deus, por sua bondade e fidelidade, sem as quais eu nada seria. À minha família, meu porto seguro, tesouro da minha alma. À Juliana, pelo companheirismo e parceria. Aos meus orientadores, Laís Alves e Alexandre Ali, pela generosidade, paciência e ajuda durante o processo de escrita deste trabalho. Aos amigos, companheiros de graduação, que me inspiraram diariamente, em especial, a Nathalia, Ariene, Henrique, Philippe, Gabriel Vieira, Cibele, Eduardo Lanes, João Gabriel, Rafael, e Gabriel Monsanto.

Agradecimentos Juliana:

Agradeço a toda minha família e amigos por toda a ajuda que me dedicaram nesse momento de grande esforço. Meus amigos de faculdade, que estiveram presentes em momentos difíceis e nos momentos tão difíceis de provas e avaliações.

Ao meu amigo Pedro, que dedicou empenho e paciência para realizarmos este trabalho. E, também, a todos os professores que se dedicaram e acreditaram em nós.

RESUMO

A melhoria de processos, bem como a busca por iniciativas que aumentem a competitividade, são ações que estão presentes no dia a dia das empresas atuais, independente de porte ou localização. Neste sentido, o presente trabalho se propõe a melhorar a eficiência produtiva de um posto de homogeneização de mistura butil, de uma fábrica de pneumáticos, localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. A proposta dos autores é, por meio da utilização adequada das ferramentas da qualidade, em conjunto com a aplicação dos conceitos de gestão da qualidade, estabelecer um cenário onde, reduzindo-se a quantidade de operadores no posto de trabalho, através da reorganização das atividades e eliminação de desperdícios, haja ganhos de performance e otimização do processo de fabricação de mistura butil. A aplicação das ferramentas da qualidade, de forma sistemática, possibilitou a identificação dos pontos de melhoria que permitiram, aos autores, definirem um plano de ação para que, com base em um estudo de otimização, alcançassem ganhos relevantes no que tange a performance dos operadores locados no posto de homogeneização de mistura butil, bem como em relação a eficiência energética do processo.

Palavras-Chaves: Qualidade, Qualidade do Processo; Eficiência; Produtividade.

ABSTRACT

The improvement of processes, as well as the search for initiatives that increase competitiveness, are actions that are present in the daily life of current companies, regardless of size or location. In this sense, the present work proposes to improve the productive efficiency of a butyl mixture homogenization station, of a tire factory, located in the West Zone of the city of Rio de Janeiro. The authors' proposal is, through the adequate use of quality tools, together with the application of quality management concepts, to establish a scenario where, by reducing the number of operators at the workstation, through the reorganization of activities and waste elimination, there are gains in performance and optimization of the butyl blend manufacturing process. The application of quality tools, in a systematic way, enabled the identification of improvement points that allowed the authors to define an action plan so that, based on an optimization study, they could achieve relevant gains regarding the performance of the operators located at the butyl blend homogenization station, as well as regarding the process energy efficiency.

Keywords: Quality, Process Quality; Efficiency; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do Pneumático - Fonte: Grupo Speed (2020)	29
Figura 2 - Fluxograma simplificado da fabricação de mistura butil. Fonte: os autores (2022).....	31
Figura 3 - Esquemático simplificado da Homogeneização da Mistura. Fonte: <i>Ammeraal Beltech</i> (2022).....	33
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa - Fonte: os autores (2022).....	35
Figura 5 - Ocupação x Atividade - Primeiro caso: 2 operadores no posto. Fonte: os autores (2022)	39
Figura 6 - Ocupação x Atividade - Primeiro caso: 1 operador no posto. Fonte: os autores (2022)	41
Figura 7 - Ocupação x Atividade - Comparativo entre os dois casos. Fonte: os autores (2022).....	43
Figura 8 - Ocupação para cada caso - Fonte: os autores (2022)	44
Figura 9 - TRS - Rendimento de Performance. Fonte: os autores (2022)	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - SIPOC no Homogeneizador Inicial - Fonte: os autores (2022)	37
Tabela 2 - SIPOC no Homogeneizador Final - Fonte: os autores (2022)	37
Tabela 3 - Primeiro caso: 2 operadores no posto. Fonte: os autores (2022) ..	38
Tabela 4 - Segundo caso: 1 operador no posto. Fonte: os autores (2022).....	39
Tabela 5 - Comparativo entre os 2 casos – Fonte: os autores (2022)	41
Tabela 6 - Inatividades – Fonte: os autores (2022)	43
Tabela 7 - 5 Porquês – Fonte: os autores (2022)	46
Tabela 8 - Tempos: 1 operador e 2 máquinas. Fonte: os autores (2022).....	47
Tabela 9 - 1 operador e 3 máquinas. Fonte: os autores (2022).....	49
Tabela 10 - 5W2H - Fonte: os autores (2022).	52
Tabela 11 – Especificação das ações - Fonte: os autores (2022).	53
Tabela 12 - 5W2H - Plano de ação. Fonte: os autores (2022).....	55
Tabela 13 - Desligamento de um motor. Fonte: os autores (2022).....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.3 OBJETIVO	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivo Específico	12
1.4 METODOLOGIA APLICADA	13
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE	15
2.2 DESPERDÍCIOS	18
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	18
2.3.1 Diagrama de Ishikawa, Espinha de Peixe ou de Causa e Efeito	19
2.3.2 <i>Voice Of the Customer (VOC)</i> e <i>Voice Of the Business (VOB)</i>	20
2.3.3 SIPOC	20
2.3.4 Gemba Kaizen	21
2.3.5 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	23
2.3.6 Método dos 5 Porquês	24
2.3.7 Simograma	25
2.3.8 5W2H	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 O PNEUMÁTICO	28
3.2 O PROCESSO	30
3.2.1 Homogeneizador Inicial	32
3.2.2 Homogeneizador Final	32
3.2.3 Vulcanização	33
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	35
4.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	35
4.2 ALINHAMENTO ENTRE VOZES	36
4.3 SIPOC	36
4.4 GEMBA KAIZEN	37
4.5 <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i>	44
4.6 5 PORQUÊS	45
4.7 SIMOGRAMA	46
4.8 5W2H E A DEFINIÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a fim de resolver os problemas que aconteceram com as empresas, foi preciso um novo modelo de fabricação, cuidadosamente mapeado, de todos os níveis dos processos de fabricação, para entender dados de melhoria para cada etapa. Para isso, novos métodos e análises foram desenvolvidos. O método de análise, que avalia o projeto de forma detalhada, levando em consideração cada etapa do processo, foi chamado de Gestão de Qualidade Total (MENDES, 2007).

A planta produtiva, a ser analisada no presente estudo, trata-se de uma fábrica de produtos semiacabados para pneumáticos localizada na Zona Oeste do Rio de Janeiro que, neste trabalho, será chamada de JP Alves Guimarães. Esta fábrica tem como clientes outras três fábricas da própria empresa multinacional de pneumáticos: uma de pneumáticos de caminhões e ônibus, uma de pneumáticos agrícolas e de terraplanagem, ambas na mesma localização da JP Alves Guimarães, e uma de pneumáticos de veículos leves e de passeio.

O perímetro de análise será chamado de grupo “L” de fabricação, dedicado ao processo de produção de mistura butil¹, também conhecida como mistura incompatível. Ao longo do período da pandemia de Covid-19, houve uma drástica redução de efetivo na fábrica, este estudo se propõe a analisar os impactos desta redução.

1.1 JUSTIFICATIVA

A redução dos custos da produção industrial possibilita um menor preço do produto e, conseqüentemente, uma melhor concorrência com o mercado. O custo total, nada mais é do que a soma do custo fixo e do custo variável em uma operação, assim como todos os recursos que são necessários para que o parque industrial funcione.

¹ A mistura butil tem a função de impermeabilizar a parte interna do pneu. É a camada mais interna. Evita o contato com o ar e a água.

A JP Alves Guimarães se destaca por uma alta performance do produto, porém pratica um dos preços mais elevados do mercado. Por isso, é de extrema importância que a redução de custos, bem como análises que levem a ela, sejam levadas em consideração para que se possa obter uma maior fatia de mercado.

Este trabalho lança-se em um modelo de análise dessa redução de custos, orientado pela metodologia da Qualidade Total, que permite que diversas ferramentas sejam aplicadas. Para garantir a aplicabilidade da análise, sua profundidade e a consistência dos resultados, de maneira a garantir que essa redução nos custos não ocasione um prejuízo da qualidade do produto.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em 2020, segundo a ANIP, o Brasil apresentou queda de 12,9% em suas vendas internas de pneumáticos. Foram comercializadas quase 51,8 milhões de unidades, ante as 59,5 milhões de 2019 (ANIP, 2021). Desta forma, em um cenário de queda de vendas, a concorrência se torna ainda mais acirrada, estimulando ações que visem maior competitividade.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Diante do cenário confortável de atendimento a demanda, apresentando elevados valores de sobre capacidade (carregamento por volta de 80%), se faz necessária a reorganização das atividades do posto de homogeneização de mistura butil, com o objetivo de reduzir custos através da redução da inatividade.

1.3.2 Objetivo Específico

Este trabalho tem como objetivo a reorganização otimizada das atividades ligadas ao posto Homogeneizador Final, que faz parte do Grupo "L", visando a redução de custos, através de análise de redução de efetivo, analisando os impactos das mudanças na capacidade produtiva futura, garantindo que não afetarão as entregas para os clientes. Se faz, portanto, necessário não ultrapassar a ocupação

de 95% do carregamento, não desrespeitar as regras de ergonomia, de qualidade e de segurança.

1.4 METODOLOGIA APLICADA

A partir da fundamentação teórica e pesquisa aplicada, os autores, de forma sistemática, lançaram-se a dar uma solução ao problema apresentado. A revisão bibliográfica, pautada em artigos e estudos a respeito da gestão da qualidade, e suas ferramentas, serviu de apoio para a realização da investigação proposta. Este levantamento bibliográfico, bem como o contato com os colaboradores envolvidos no processo, e as comparações com os *Benchmarking*, no que tange os fins, caracterizam o presente trabalho como uma pesquisa exploratória. Do ponto de vista de abordagem, define-se como uma pesquisa quantitativa, devido às crono análises do processo, além de levar em consideração a quantidade de misturas fabricadas e número de máquinas envolvidas na operação.

Foram aplicadas as ferramentas da qualidade de modo a se chegar a um cenário que, de forma clara, retornasse as informações necessárias às condições de contornos, e particularidades, da fábrica de pneumáticos analisada.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O capítulo 1 contempla uma introdução ao tema, a justificativa do estudo, contextualização os objetivos e a metodologia aplicada.

O capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica a respeito da Gestão da Qualidade, a definição do conceito de desperdício, uma breve biografia dos principais gurus da Qualidade e a apresentação, e descrição, das ferramentas da qualidade utilizadas neste trabalho. A sequência de apresentação, das ferramentas da qualidade, seguiu a ordem em que estas ferramentas foram aplicadas ao longo do trabalho, sendo elas: o Diagrama de Ishikawa, Voice Of the Customer (VOC) e Voice Of The Business (VOB), Sipoc, Gemba Kaizen, Overall Equipment Effectiveness, 5 porquês, Simograma e 5W2H.

No capítulo 3, é descrito o processo de fabricação de um pneumático, detalhando-se mais a etapa delimitada como de interesse do presente trabalho, que é o Grupo “L”, que é composto pelos homogeneizadores. São apresentadas as partes que constituem um pneumático, o processo de homogeneização da mistura e uma explicação a respeito do processo de vulcanização.

O capítulo 4 apresenta as análises das aplicações das ferramentas da qualidade e seus resultados. O capítulo começa com a aplicação do Diagrama de Ishikawa, a fim de estabelecer parâmetros para a determinação da causa raiz da inatividade dos operadores. Em seguida, é realizado o alinhamento entre vozes, de maneira a estabelecer as condições de contorno para possíveis economias no processo de fabricação de um pneumático. Logo depois, aplica-se o SIPOC de maneira a mapear e destrinchar todo o processo de fabricação. Aplica-se o conceito de ir ao Gemba, o lugar verdadeiro, para acompanhar o operador dos homogeneizadores e obter os dados necessário para a utilização do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), os 5 porquês e o Simograma. A última ferramenta a ser utilizada é o 5W2H, nesta etapa define-se o plano de ação para otimização do processo de fabricação.

E, finalmente, o capítulo 5 traz as considerações finais dos autores, com base nos resultados das análises realizadas no capítulo 4.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

A busca pelo contínuo aperfeiçoamento da eficácia de processos para atender clientes, internos e externos, assim como requisitos regulamentares e estatutários, a exemplo da Norma ISO 9001:2015, teve suas bases no Fordismo e, posteriormente no Toyotismo. Na década de 1910, durante o período do Fordismo, o Japão foi o primeiro país a aplicar o que, hoje, entendemos como gestão da qualidade. Anos mais tarde, o Toyotismo trouxe novas técnicas organizacionais, técnicas essas que auxiliaram na estabilização da economia após a segunda grande guerra.

Desde o início do século XX, ocorreram quatro “Eras da Qualidade”. A primeira, chamada de era da inspeção, baseava-se no conceito primitivo de foco extremamente ligado ao produto. A conformidade em relação àquilo que se fora proposto era verificada a partir de inspeções físicas (manuais) A produção era inspecionada em sua totalidade. A segunda, chamada de era do controle estatístico da qualidade, que compreendeu os anos de 1960 e 1970, trouxe a adoção de pontos intermediários de verificação e uso da estatística amostral para determinar as não conformidades. Em seguida veio a era da garantia da qualidade, nasceu o conceito de cadeia de valor, além de um olhar mais apurado sobre o sistema de gestão, visando a garantia da conformidade do produto. Por último, a era da gestão da qualidade total, em que o foco passou a ser, não somente o produto, mas os clientes, o foco passa ser não só o produto, mas os clientes e suas expectativas. A gestão da qualidade deixa de ser uma preocupação apenas do chão de fábrica e passa a integrar as estratégias da empresa (RAMOS, 2019)

Um produto, ou serviço, de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente (CAMPOS, 1992). Para Deming (1986), a qualidade parte da percepção do cliente final de determinado produto a respeito do que está sendo fornecido. Araújo (2007) vai um pouco mais além no que tange o entendimento geral de qualidade, tratando-a como a incessante e indispensável busca pela perfeição, procurando a satisfação dos clientes e atender às expectativas deles.

Montgomery (2004) destrincha o conceito de qualidade, para além da busca da perfeição, mas também, encontra em oito nuances diferentes a construção do que seria os pilares para atender às expectativas dos clientes de um determinado produto ou serviço, sendo essas oito nuances: desempenho, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, estética, características, qualidade percebida e conformidade com as especificações.

No contexto de mercado, a gestão da qualidade revela-se como uma potente ferramenta na manutenção da competitividade e na implementação de estratégias eficazes no que tange a satisfação do cliente (Black e Porter, 1996). A gestão da qualidade tem suas bases consolidadas em figuras como Juran, Deming, Ishikawa, Feigenbaum, Crosby, Taguchi, Shingo e Imai. Chamados de “gurus da qualidade”, estes homens contribuíram de forma significativa para a construção do conceito de qualidade. Abaixo, são descritas algumas das contribuições desses gurus para a consolidação do sistema de gestão da qualidade como sistema indispensável para a vida saudável das organizações.

O engenheiro americano, e matemático, William Edwards Deming, nascido em 1900, acreditava que a constância de finalidade, a melhoria constante e o conhecimento profundo são as bases da qualidade. Deming baseou suas teorias no controle da qualidade e princípios da administração. Ele difundiu o ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Action*), uma ferramenta da qualidade utilizada no controle de processos.

Segundo Aguayo (1993), Deming vê no ciclo PDCA um passo a passo simples e eficaz para que as organizações consigam implementar a cultura de melhoria contínua da qualidade. O ciclo PDCA é constituído por quatro importantes etapas: planeamento do ciclo (*Plan*), onde são definidos os planos de ação em todos os níveis gerenciais da empresa; execução (*Do*), nessa etapa as medidas estabelecidas são executadas; verificação (*Check*), onde constata-se a conformidade ou não em relação àquilo que foi definido como objetivo; ação (*Act*) onde se analisa as diferenças entre os resultados obtidos e as metas estabelecidas, afim de determinar as causas desse desvios e definir pontos de melhorias.

Juran (1991) define a qualidade com base nos resultados obtidos (desempenho do produto) e na ausência de falhas e deficiências. Já na visão de Feigenbaum (1994), a qualidade parte do mapeamento das expectativas do cliente e que, somente após recebido o feedback positivo do consumidor, é que requisito qualidade foi alcançado.

O japonês Ishikawa, nascido em Tóquio, em 1915, criou os chamados círculos da qualidade que, basicamente, era a reunião de um grupo de colaboradores de um mesmo setor para debaterem oportunidades de melhorias e para resolver problemas do sistema de gestão da qualidade. Ishikawa também foi responsável pela criação de umas das mais importantes ferramentas da qualidade: o diagrama de causa e efeito (também chamado de diagrama espinha de peixe). Com base neste diagrama, é possível encontrar as causas e raízes de problemas, resolvê-los e melhorar processos (RAMOS, 2017).

Também nascido no Japão, Taguchi acreditava que a qualidade é o inverso do dano provocado na sociedade por um produto, desde a altura em que é concebido até o fim de sua utilização. Suas teorias baseiam-se em quatro pontos: incorporar a qualidade no produto desde o início da fabricação, minimizar as variabilidades para atingir a qualidade, não basear a qualidade no desempenho ou característica do produto e medir os custos da qualidade em função dos desvios de desempenho (ZEEMAN, 2018).

O americano Philip Bayard Crosby, nascido em 1926 na Virgínia, acreditava que as ações voltadas à qualidade deveriam vir da alta direção da organização. Para Crosby, um sistema de gestão eficiente é aquele que crie uma cultura onde, todos da organização, entendam que o objetivo da qualidade é alcançar zero defeitos. Além disso, para ele, o conceito de qualidade está intimamente ligado a requisitos pré-estabelecidos. Segundo ele, a ausência de defeitos deveria ser o padrão de desempenho dos sistemas de gestão, baseando-se na prevenção para chegar ao chamado defeito zero. A contribuição de Crosby para a qualidade pode ser resumida em seus chamados quatro absolutos, são eles: qualidade significa conformidade com as exigências do cliente, desempenho padrão é igual a zero defeitos, os resultados da qualidade vêm da prevenção e a qualidade é medida pelo custo da não qualidade (RAMOS, 2017).

Outro guru da qualidade, nascido também no Japão, Shingo, acreditava que, caso o objetivo seja evitar erros, o controle da qualidade deve ir além do controle estatístico. Shingo revolucionou os processos de produção e contribuiu para o desenvolvimento do sistema de produção Toyota (*Toyota Production System – TPS*). Para diminuir o tempo de preparação das máquinas e equipamentos na Toyota, Shingo desenvolveu a chamada *Single Minute Exchange of Die – SMED* ou “troca rápida de ferramentas” (SANTOS,2019).

O também japonês Masaaki Imai, é conhecido como pai da metodologia japonesa que enfatiza a melhoria contínua: o Kaizen. Essa metodologia é baseada na filosofia e nos princípios socioculturais orientais, exigindo comprometimento de todos os colaboradores da empresa, do operário ao gerente. É uma gestão guiada para a maximização da produtividade e da rentabilidade e que não implica em significativo aumento de custos. Imai estudou Relações Internacionais na universidade de Tokyo e, durante vários anos, trabalhou na Toyota (SINGH e SINGH, 2009). Durante a década de 1950, trabalhou no Centro de Produtividade japonesa em Washington, nos Estados Unidos (NOGUEIRA, 2018). Fundou, em 1986, em Austin, no Texas, o Kaizen 7 Institute, com o objetivo de difundir o Kaizen nas companhias ocidentais (MURUGAN, 2005).

2.2 DESPERDÍCIOS

Considera-se desperdício, tudo aquilo que, sendo eliminado, não gera impactos no processo (FERNADES, 2018). Segundo Ohno (1997), há sete formas específicas de desperdício: defeitos, excesso de produção (ou superprodução), espera, transporte, movimentação, processamento inapropriado e estoque.

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Pode-se definir as ferramentas da qualidade como aquelas que tem como por objetivo a identificação, mapeamento e melhora da qualidade dos processos, produtos e serviços de uma determinada organização. A partir da aplicação dessas ferramentas, e dos resultados obtidos, pode-se estabelecer ações que visão a melhoria dos processos. Para Lobo (2010), “[...] as ferramentas da qualidade são um

primeiro passo para a melhoria da lucratividade do processo por meio da otimização das operações”.

Segundo Pacheco, Sampaio e Rodrigues (2015), a utilização de ferramentas da qualidade agrega valor ao produto, garante a qualidade, incrementa as vendas e o desenvolvimento geral da organização.

Ishikawa reuniu sete ferramentas básicas da qualidade: o fluxograma, que permite uma melhor visualização do caminho que o produto irá percorrer no processo, mostrando as etapas sequenciais, por meio de símbolos que representam os mais diversos tipos de operações; o diagrama de Ishikawa, ou espinha de peixe, que auxilia na identificação das possíveis causas de um problema e seus efeitos, relacionando, assim, o efeito a todas as possibilidades (causas) que podem, de alguma forma, ter contribuído para que determinado problema existisse; a folha de verificação, que nada mais é do que um *check list* de itens pré-estabelecidos que serão assinalados a partir do momento que forem realizados ou avaliados. É uma garantidora de que os passos, ou pré-requisitos, foram seguidos/cumpridos; o diagrama de Pareto, que é um diagrama utilizado para estabelecer uma ordenação nas causas de um determinado problema ou de uma não conformidade; o histograma, cujo objetivo é mostrar a distribuição de frequências de dados obtidos por medições periódicas, possibilitando a identificação dos padrões que mais se repetem em um determinado período de tempo; o diagrama de dispersão, usado para demonstrar o que acontece com uma variável quando outra muda; e o controle estatístico de processo (CEP), que demonstra as tendências dos pontos de observação dentro de um período de tempo pré-estabelecido.

2.3.1 Diagrama de Ishikawa, Espinha de Peixe ou de Causa e Efeito

Este diagrama é uma ferramenta gráfica que relaciona um efeito e diversos fatores (causas). Conhecido pelo nome de seu criador, o engenheiro japonês Kaoru Ishikawa (1915 - 1989) e, também, pela forma como são dispostas as informações, como uma espinha de peixe, tem como objetivo a análise das operações de processos produtivos. Segundo Miguel (2001), os passos para elaboração deste diagrama consistem em:

- Determinar o problema a ser estudado (Efeito).
- Levantar as possíveis causas e inseri-las no diagrama.
- A elaboração do diagrama deve estar pautada nos chamados “6M”: mão de obra, máquina, matéria prima, método e meio-ambiente.
- Analisar o diagrama, com o intuito de identificar as causas verdadeiras.
- Corrigir o problema.

Ao trazer à luz as causas de determinados defeitos, ou desvios, o diagrama de Ishikawa torna-se um poderoso aliado na gestão da qualidade, auxiliando na eliminação destas causas e na constante análise de processos, do desempenho de equipamentos, comportamento e origem de materiais, no impacto do ambiente na ação produtiva e dos métodos que envolvam a operação como um todo.

2.3.2 *Voice Of the Customer (VOC) e Voice Of the Business (VOB)*

São ferramentas garantidoras de que o estudo proposto está em consonância com as reais necessidades da organização. O *Voice Of The Customer (VOC)* permite, por meio de entrevistas e pesquisa, a coleta de informações que, de forma prática, revelem as necessidades do cliente. Já o *Voice Of The Business (VOB)* permite o alinhamento do estudo proposto com o planejamento estratégico da empresa e verifica se, a saída do processo, está de acordo com aquilo que o cliente espera.

Segundo Louzada (2020), o alinhamento entre VOC e VOB permite que os processos sejam mais robustos e que os requisitos de custo e qualidade sejam satisfeitos.

2.3.3 SIPOC

O acrônimo SIPOC significa *suppliers, inputs, process, outputs e customers* (suprimentos, entradas, processo, saídas e clientes) e é uma ferramenta poderosa para melhoria de processos. SIPOC é uma ferramenta que toma a forma de um diagrama que, ao ser preenchido, possibilita a identificação de pontos de melhoria.

Geralmente, a parte que precisa de mais informações é a de processo, nela descreve-se o que será feito, detalhando cada etapa. Define-se as entradas e saídas, bem como quem são os fornecedores e clientes. O SIPOC auxilia no entendimento do propósito e do escopo de um determinado processo (WERKEMA, 1995), fazendo com que as soluções e melhorias sejam aplicadas nas etapas corretas e em pontos específicos.

O SIPOC é das ferramentas utilizadas no DMAIC, mais precisamente na etapa “definir”. Uma vez identificados os elementos importantes de uma determinada atividade, é possível enxergar, através do SIPOC, todas as relações dentro do processo, estabelecer os limites de atuação das equipes envolvidas em uma determinada atividade (SIMON, 2016).

2.3.4 Gemba Kaizen

Segundo Imai (1997), Gemba é um termo de origem japonesa que significa verdadeiro lugar ou lugar real. Em uma indústria, as atividades que agregam valor acontecem no Gemba. Mais do que monitorar resultados, a ida ao Gemba proporciona um contato mais natural com as oportunidades de melhorias, pois neste local os pontos de otimização do processo são mais perceptíveis (NOGUEIRA, 2018).

“Ir ao Gemba” é uma estratégia estabelecida por Fujio Cho, presidente da Toyota, que se baseia na seguinte frase: “Vá ver, pergunte por quê, mostre respeito” (Thull-Freedman et al., 2020). Esta ida ao Gemba, este contato com as atividades, e seus executores, reduz a probabilidade de que os gestores tomem suas decisões guiados por suposições incorretas. Os colaboradores, envolvidos diretamente na atividade, são os mais aptos a descreverem os desafios pelos quais, eventualmente, estejam passando ao desenvolver determinada função e, neste sentido, contribuir, também, com sugestões de melhoria. A partir da ida ao Gemba, e da observação minuciosa do processo, ao ser identificado um desvio, as causas são investigadas e soluções são desenvolvidas.

Para Imai (1997), a aplicação da abordagem “Ida ao Gemba” requer a utilização de Kaizen (ou melhoria contínua), um conceito desenvolvido por ele, e introduzido na América em 1986, a partir da publicação de seu livro “*Kaizen – The Key to Japan’s Competitive Success*”. As atividades que envolvem o Kaizen são implementadas através da identificação e eliminação de desperdícios ao longo de todo ciclo de trabalho. Desta forma, a ida ao Gemba, vinculada ao Kaizen, pode ser uma poderosa ferramenta para a identificar oportunidades de melhoria e otimizar as atividades que agreguem valor ao processo (Cherrafi et al., 2020).

A ideia básica, e mais importante, por trás da utilização do modelo Gemba Kaizen, é que esta iniciativa pode envolver toda a organização. Os colaboradores, e a alta direção, podem trabalhar em conjunto para identificar e implementar melhorias graduais sem grandes investimentos de capital. É um modelo que aposta na junção de forças individuais para a obtenção de resultados coletivos (Cherrafi et al., 2020). Além disso, a sua implementação ocorre a partir de iniciativas deliberadas e discretas. Isto proporciona, à alta direção, uma oportunidade de reflexão e correção durante os processos de implementação.

O modelo Gemba Kaizen parte da preparação da ida ao Gemba. Nesta fase de preparação, uma série de eventos são estabelecidos, tais como data da ida ao Gemba, método de observação das atividades, reuniões com o intuito de agrupar as observações coletadas e, em seguida, é feita a avaliação das hipóteses levantadas e determinado um plano de implementação das soluções, eventualmente, definidas.

Cherrafi et al. (2020) propõem um modelo geral, composto por cinco etapas, para a realização de uma “ida ao Gemba”. Este modelo integra os conceitos de Gemba e Kaizen, apoiado em uma abordagem de melhoria contínua. São passos simples, que proporcionam uma fácil implementação e que tem como objetivo uma melhora sistemática do desempenho econômico.

Etapa 1 – Preparação:

Na etapa de preparação, é organizada uma reunião com os donos do processo/responsáveis pela atividade a ser analisada, dados e custos são reunidos para discussão. Os membros da equipe de avaliação Gemba Kaizen são definidos, e

um horário é criado. Esta informação é compartilhada com todos aqueles que estejam ligados ao processo sob análise.

Etapa 2 – Condução do evento:

Nesta etapa, um plano para executar a ida ao Gemba é formulado. Dependendo do tipo de ambiente, pode ser necessário mais de uma ida, a fim de cobrir toda a área sob análise.

Etapa 3 – Combinar e Organizar ideias:

Após a ida ao Gemba, a equipe transfere todas as suas observações e ideias para um formulário.

Etapa 4 – Melhorias:

Em seguida, as ideias são classificadas, com base na sua facilidade de implementação e efeito. Depois de todas as ideias serem classificadas, as consideradas mais promissoras são selecionadas para uma investigação mais aprofundada. São organizados eventos Kaizen para cada uma das ideias, a fim de determinar rapidamente se estas são viáveis e rentáveis. O resultado dos eventos Kaizen consiste em identificar e implementar rapidamente três ideias no prazo de noventa dias após a ida ao Gemba.

Etapa 5 - Rastrear e preservar os resultados.

O objetivo desta etapa é medir os resultados após a implementação do plano de ação. Visa, também, assegurar que as melhorias implementadas sejam mantidas ao longo do tempo por integração e gestão de soluções nas atividades diárias de trabalho.

2.3.5 *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Também conhecido como Índice de Eficiência Global, o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é uma ferramenta poderosa para as indústrias de manufatura, pois permite determinar o real nível de eficiência dos equipamentos. A aplicação do OEE consiste em levar em consideração não só as perdas nos

equipamentos, mas também aquelas de origem gerencial (DAL; TUGWELL; GREATBANKS, 2000).

O cálculo desta eficiência é fundamentado em três fatores: paradas, ritmo e produtos defeituosos. Estes fatores auxiliam na identificação das origens das perdas de eficiência e são denominados de Disponibilidade, Performance e Qualidade (MUCHIRI; PINTELON, 2008). O cálculo de Disponibilidade é dado pela equação 1:

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ em\ Produção}{Tempo\ teórico\ disponível\ para\ produzir} \quad (1)$$

O cálculo da Performance é dado pela equação 2:

$$Performance = \frac{Quantidade\ que\ a\ máquina\ produziu}{Quantidade\ que\ a\ máquina\ consegue\ produzir} \quad (2)$$

O cálculo da Qualidade é dado pela equação 3:

$$Qualidade = Total\ Produzido - \frac{(Produtos\ em\ retrabalho + Perdidos)}{Total\ Produzido} \quad (3)$$

A utilização do OEE permite um melhor entendimento da influência dos equipamentos em relação a produção em que os mesmos estão inseridos, a otimização da utilização de máquinas e instalações, aumenta a qualidade de fabricação e diminui, de forma significativa, retrabalhos futuros (CHIARADIA, 2004).

2.3.6 Método dos 5 Porquês

É uma ferramenta simples, utilizada para determinação da verdadeira causa raiz de um problema (Ohno, 1997). Desenvolvida por Taiichi Ohno, pai do sistema de produção Toyota, consiste, basicamente, na formulação de cinco questionamentos iniciados com “Por quê” de modo a identificar a causa-raiz de um determinado problema.

Embora este método seja denominado de “5 porquês”, é possível utilizar uma quantidade menor de por quês (4 por exemplo), ou mais, dependendo da necessidade e da complexidade do problema (WEISS, 2011).

Segundo Weiss (2011), existem 5 etapas que devem ser cumpridas para que o método seja aplicado, são elas:

1. Análise do problema.

2. Perguntar por que o problema existe.
3. Em relação a resposta obtida na etapa 2, perguntar o porquê novamente;
4. Questionar por quê até que não haja mais questões a serem esclarecidas em relação ao problema identificado;
5. Ao esclarecer todos os por quês, a causa raiz terá sido identificada.

2.3.7 Simograma

Recurso gráfico utilizado para registrar simultaneamente, com uma escala de tempo comum, as atividades de um determinado processo. O simograma é a representação dos movimentos do operador, no que tange jornada de trabalho. Ele permite analisar uma, ou várias, atividades em função do tempo (Barnes, 1977).

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos, base para a construção de um simograma, surgiu nos primórdios da industrialização através de Taylor. Basicamente, consiste na análise minuciosa do tempo que um operador leva para realizar as atividades que compõe o processo como um todo. Para Slack (2002), o estudo de tempos permite a melhoria da produtividade, uma vez que estabelece padrões de tempo, identifica os movimentos necessários para a realização de determinada tarefa, bem como mapeia os desperdícios, proporcionando uma intervenção afim de se implementar ações que levem a otimização do processo, ao eliminar os desperdícios identificados. O tempo-padrão, de uma operação, é determinado através da relação entre o tempo de realização de uma determinada tarefa e o desempenho definido pela alta direção (STEVENSON, 2001). Este desempenho, defino de acordo com as necessidades da organização, varia com em relação às demandas do dia a dia da produção, podendo-se adaptar à intempéries e sinistros que por ventura possam ocorrer durante a jornada de trabalho dos operadores.

2.3.8 5W2H

É uma ferramenta que consiste, em essência, na realização de perguntas no sentido de obter informações primordiais que servirão como base ao planejamento

de uma forma geral. É uma ferramenta simples, e fácil de ser implementada. O 5W2H pode ser entendido como uma maneira de estruturarmos o pensamento de uma forma bem organizada e materializada antes de implantarmos alguma solução no negócio (POSSARLE, 2014).

Para além da estruturação do pensamento em si, Pertence e Malleiro (2016) destacam que essa ferramenta ajuda na clarificação das tarefas a serem desenvolvidas pelos colaboradores de uma determinada organização, mapeando e estabelecendo hierarquias cronológicas no processo e revelando as motivações, e implicações, de cada tarefa. É uma ferramenta que ajuda na eliminação das dúvidas que, eventualmente, surgem a respeito das atividades (BASSAN, 2018).

O 5W2H ajuda a descrever um problema de forma precisa, o que pode resultar numa solução eficiente. Avaliar todos os elementos de um problema pode gerar clareza sobre a melhor forma corrigi-lo e pode, também, ajudar a melhorar um processo já existente. Esta ferramenta auxilia na identificação e na priorização de um fluxo de trabalho, dos além de ajudar as equipas a elaborarem planos de ação.

O 5W2H simplifica o planeamento estratégico, porque ajuda a definir os passos necessários para alcançar os objetivos desejados, de uma forma eficaz e eficiente.

Os profissionais utilizam este método para analisar e resolver problemas de uma forma racionalizada. Ele, também, orienta nas ações que serão executadas. A sigla 5W2H é formada pelas primeiras letras das sete perguntas que um profissional faz enquanto utiliza este processo num plano de ação, que incluem:

- *What?* (O quê?)

A resposta a esta pergunta é o passo inicial do 5W2H, e é através dela que se define o problema ou o objetivo.

- *Why?* (Por quê?)

O passo seguinte consiste em definir a razão pela qual um problema está a acontecendo ou porque é importante alcançar um determinado objetivo.

- *Where?* (Onde?)

A resposta a essa pergunta localiza a ação e busca entender onde ocorreu um problema ou onde é provável que surja uma solução. Ao estabelecer um objetivo, a resposta a essa questão pode definir a localização das ações para atingir esse objetivo.

- *When?* (Quando?)

Estabelece-se a linha temporal para a implementação da solução de um problema ou da execução de cada passo para alcançar o seu objetivo.

- *Who?* (Quem?)

Isto pode referir-se a vários aspectos diferentes de um problema ou projeto, como por exemplo: “Quem está a supervisionar todo o processo?”; “Quem é que desenvolve determinada atividade?”; “Quais são as pessoas impactadas por esse problema?”.

- *How?* (Como?)

A resposta a esta pergunta cria um processo para resolver um problema, implementar uma solução ou alcançar um objetivo. Define as ações que serão realizadas com o intuito de se chegar ao resultado esperado.

- *How Much?* (Quanto?)

Estima-se o orçamento esperado para o projeto. Ao resolver um problema de produção, pode se referir à quantidade de um produto a ser feito a um custo específico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 O PNEUMÁTICO

O pneumático tem a função de transportar uma carga e de gerar, ou transmitir, esforços. Essas duas funções são comuns a qualquer meio de transporte terrestre. São itens muito importantes, pois estão em contato direto com o solo, suportando a carga total do veículo.

A borracha, principal constituinte do pneumático, é um material utilizado há séculos na fabricação de vários artigos como bolas, sapatos, vestuários, dentre outros. Ela se tornava pegajosa no verão e quebradiça no inverno, além de ser igualmente sensível a determinados solventes orgânicos. Em 1839, Charles Goodyear descobriu que, na presença de enxofre, à 170°C, C, a borracha não derrete, mas fica, pelo contrário, mais rígida e menos sensível às baixas e elevadas temperaturas. As principais cargas reforçantes são a sílica e o negro de carbono. Eles contribuem no aumento da rigidez, na histerese e na resistência contra a ruptura dos elastômeros. Estas cargas se combinam com o elastômero criando ligações (Mark et al., 2005).

Os elastômeros são materiais flexíveis, altamente deformáveis, e capazes de aguentarem deformações muito grandes sem se romperem. Eles se comportam como um material viscoelástico. Este comportamento gera a histerese, que é a propriedade de um material, ou sistema físico, de manter suas propriedades, mesmo sem haver continuidade dos estímulos que as provocaram, preservando a deformação efetuada por estes estímulos (Mark et al., 2005).

Existem quatro tipos de elastômeros, que são utilizados na produção de um pneumático: Elastômero Natural (NR), Butadieno (BR), Butadieno Estireno (SBR), Isopreno Isobutileno - Butil (IIR). Para a produção da mistura butil, processo analisado no presente trabalho, é utilizado o Isopreno Isobutileno, que apresenta boa estanqueidade e resistência a oxidação. A mistura butil é utilizada para compor o revestimento interno do pneumático, que é uma membrana hermética, que faz a impermeabilização da parte interna do pneumático, evitando que os componentes

metálicos entrem em contato com impurezas como a água e o ar. A figura 1 ilustra as principais partes de um pneumático:

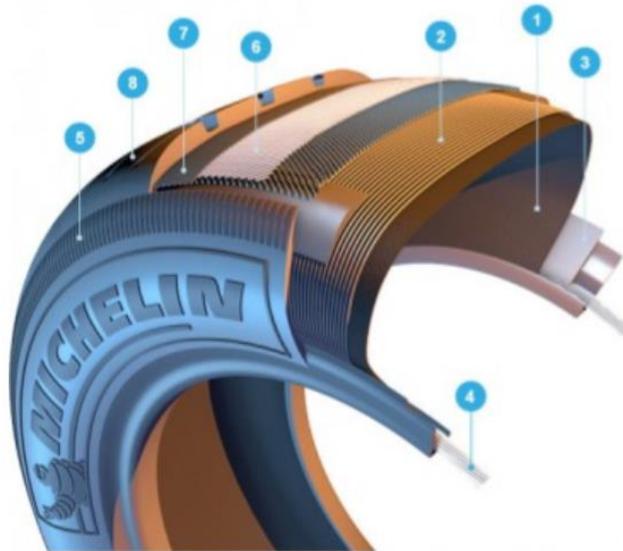


Figura 1 - Componentes do Pneumático - Fonte: Grupo Speed (2020)

1 - Revestimento Interno: Camada hermética que impermeabiliza o pneumático.

2 - Nervura da carcaça: Camada acima do revestimento interno, comporta de cabos e de fibra têxtil ligados à borracha.

3 - Área do talão inferior: Responsável pela aderência entre o aro e o metal.

4 - Talões: Aderem ao aro do pneumático para garantir um ajuste hermético e manter o pneumático ajustado ao aro.

5 - Parede lateral: Protege a lateral do pneumático dos impactos.

6 - Lona carcaça: Composta por cabos de aço muito finos ligados a borracha que determinam a força do pneumático. É capaz de absorver as deformações e resistir as tensões resultantes dos impactos sofridos pelo pneumático.

7 - Lona de revestimento: Formada por nylon reforçados, reduz o aquecimento por fricção, evitam a expansão centrífuga do pneumático.

8 - Banda de Rodagem: É a parte do pneumático que faz o contato com o chão, projetada para resistir a desgaste, abrasão e calor.

3.2 O PROCESSO

A fabricação de um pneumático envolve o uso de tecidos metálicos, tecidos têxteis, e misturas, que são partes de borracha, usadas para compor sua estrutura. Em cada parte, há um composto específico, com propriedades físicas e químicas diferentes. Estes componentes são produtos semiacabados, utilizados como matéria prima na fabricação do pneumático.

A usina JP Alves Guimarães, de semiacabados, possui o Grupo “L” de fabricação, dedicado ao processo de produção de mistura butil, também conhecida como mistura incompatível, que é objeto central deste estudo. Para isso, se faz necessária a compreensão de como acontece este processo, assim como o seu perímetro de atuação.

Os operadores, que conduzem o Grupo L, possuem a missão de garantir a correta destinação, acondicionamento e estocagem das misturas. Devem, portanto, assegurar o provisionamento correto no misturador interno, recepcionar e verificar a identificação e blocagem dos produtos, assegurar que os produtos entrantes respeitam as normas de qualidade, garantir o bom tratamento dos produtos não conformes e fora de tolerância, fazer os revezamentos de refeição correspondentes no posto de trabalho, fornecer goma butil, BU² e negro de carbono nas condições e quantidades necessárias para responder ao programa de fabricação.

O processo começa no misturador interno, que é responsável por misturar os produtos que darão origem a mistura. Nesta etapa, os diversos ingredientes da formulação dos compostos devem ser devidamente incorporados e dispersos homogeneamente para conferir ao material as características desejadas. Para isso, é necessário que as condições de processo sejam devidamente ajustadas de forma a promover a produção da mistura de forma ótima. Esta é processada dentro de

² BU é uma combinação de componentes químicos, que são separados e pesados para serem utilizados no misturador interno como componente da mistura butil.

uma câmara, dentro da qual estão dois rotores que rodam em sentidos opostos promovendo, assim, a composição inicial do material da mistura a ser trabalhada.

Em seguida, a mistura segue para o Homogeneizador Inicial, que é a máquina responsável pela primeira etapa de homogeneização, pelo resfriamento primário e pelo envio da mistura para o Homogeneizador Final, objeto principal deste estudo, que tem o papel de finalizar o processo de homogeneização, garantindo que o produto chegue ao seu estado de qualidade ideal.

O Grupo “L” dispõe de um Homogeneizador Inicial e quatro Homogeneizadores Finais. Este funciona em regime de quatro equipes, sendo a equipe 1 uma "equipe fantasma"³. As equipes 2, 3 e 4 possuem, cada uma delas, um operador de Homogeneizador Inicial e dois operadores de Homogeneizador Final, totalizando três operadores de Homogeneizador Inicial e seis operadores de Homogeneizador Final, considerando todas as equipes.

Cada turno tem a duração de oito horas, ou seja, quatrocentos e oitenta minutos, com sessenta minutos sendo reservados para refeição e pausas dos operadores. O grupo não possui valores consideráveis de horas extras ao longo dos meses, apenas ocorrendo picos em períodos de carnaval. O fluxograma, simplificado, do processo de fabricação da mistura butil, está lustrado na figura 2.

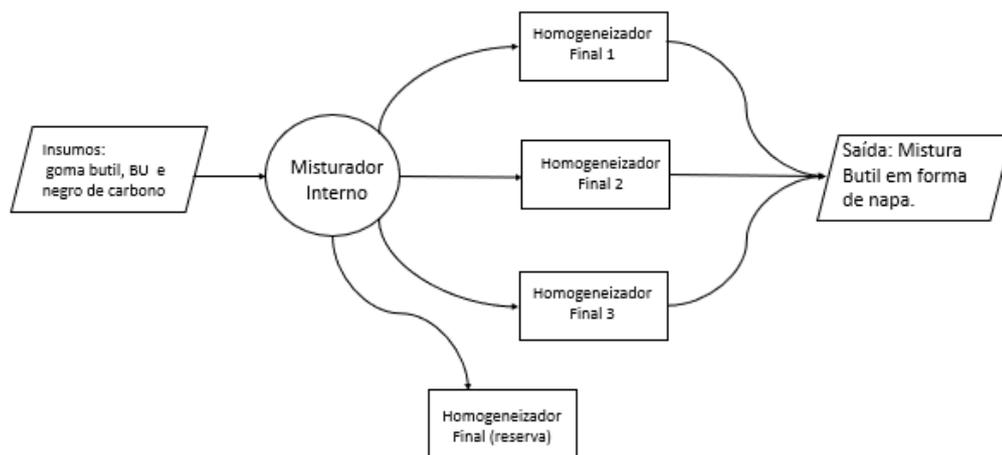


Figura 2 - Fluxograma simplificado da fabricação de mistura butil. Fonte: os autores (2022)

³ “Equipe fantasma” representa o momento em que o Grupo “L” não precisa estar rodando, por isso está parado. Tendo, assim, esse intervalo desconsiderado da sua abertura de tempo.

3.2.1 Homogeneizador Inicial

O Homogeneizador Inicial é o posto que antecede o Homogeneizador Final, objeto de estudo deste trabalho. Após ser processada no misturador interno, a mistura butil segue para o Homogeneizador Inicial através de um tapete. Neste momento, começa o trabalho de homogeneizar e resfriar a mistura, que fica neste circuito até completar o seu ciclo.

Ao operador, cabe a missão de realizar o lançamento do plano de trabalho, para atender ao programa de fabricação, no automatismo, garantir o tempo de recepção, trabalho e envio de cargas de butil do Homogeneizador Inicial para o tapete, realizar os planos de verificação e teste de segurança referentes ao seu posto de trabalho, garantir o funcionamento da aspiração, alertar à hierarquia e aos pares sobre os riscos nos domínios do seu posto de trabalho.

É importante destacar que o operador do Homogeneizador Inicial tem a função de apoiar, quando necessário os outros postos do setor, entre eles o Homogeneizador Final. Por isso, se faz necessária a análise da ocupação de ambos os postos para medir a possibilidade de redução de efetivo ou não para cada um deles.

3.2.2 Homogeneizador Final

A etapa final, de homogeneização da mistura, tem como objetivo garantir que esta seja trabalhada na máquina até atingir todas as propriedades ideais para estar apta a passar para o processo final de calandragem, posterior ao Homogeneizador Final.

O posto dispõe de dois operadores por turno, que têm a missão de garantir a recepção de misturas em dois Homogeneizadores Finais ao mesmo tempo, introdução de chute⁴, utilizando painéis IHM para regulagem de aperto e desaperto

⁴ Chute é a mistura que não pode ser enviada para o cliente final, por não estar conforme todos os padrões de qualidade exigidos, mas que pode ser parcialmente reincorporada na fabricação de outras misturas.

da máquina, acompanhar a saída da mistura até a balança de pesagem, manter o seu posto em ordem, limpo e organizado.

Também é dado a este posto a incumbência de apoiar, quando necessário os outros postos do setor, entre eles o Homogeneizador Inicial. Por isso, se faz necessária a análise da ocupação de ambos os postos para medir a possibilidade de redução de efetivo ou não para cada um deles.

Após a finalização do trabalho nos homogeneizados, a mistura é retirada e enviada para o processo de calandragem final através de tapetes sincronizados para executar o transporte tanto de entrada como de saída da mistura nas máquinas. A figura 3 apresenta o esquemático simplificado da homogeneização da mistura.

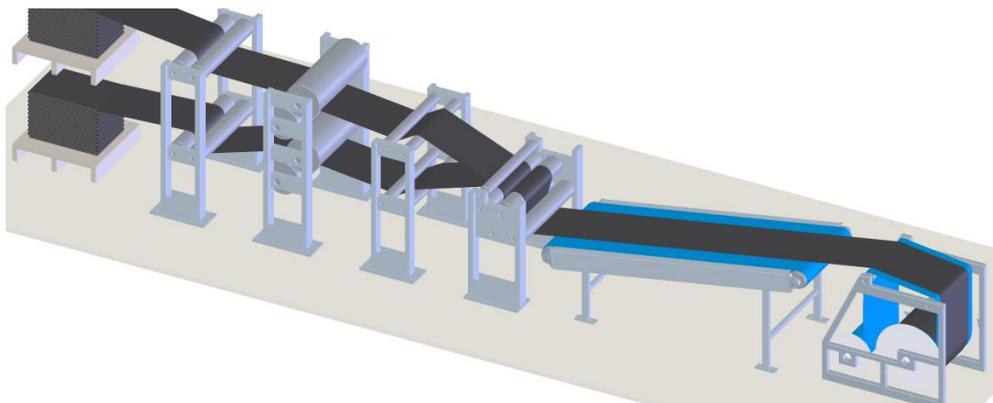


Figura 3 - Esquemático simplificado da Homogeneização da Mistura. Fonte: Ammeraal Beltech (2022)

3.2.3 Vulcanização

A homogeneidade obtida na etapa anterior, nos homogeneizadores, é fundamental para o fácil processamento da mistura durante a calandragem e vulcanização. A vulcanização é a última etapa da produção de um pneumático. Ela consiste, basicamente, na alteração das ligações químicas da mistura, causada pelo aquecimento da borracha crua. Há a passagem da borracha, do estado plástico e maleável, para um estado firme e elástico.

O processo de vulcanização tem como objetivo dar consistência borracha. Isso se dá através de uma combinação de temperatura, pressão e tempo, ao se

confinar a mistura em uma prensa sob condições específicas em projeto. Nesta prensa, há um molde que é responsável por dar origem ao formato final do pneumático. Todas as informações técnicas, regulamentações e identificações são impressas no pneumático através deste molde. O pneumático fica dentro do molde durante certo tempo, para cozer e garantir que o processo de vulcanização transcorra de forma satisfatória. Após o cozimento no molde, o pneumático é submetido a um resfriamento não forçado, de modo que as propriedades adquiridas pela vulcanização sejam preservadas.

Após o resfriamento, o pneumático segue para o setor de controle de qualidade, onde passa por inspeções diversas. As inspeções são, em sua maioria, por amostragem, mas há verificações que são feitas em todos os pneumáticos fabricados. Depois de passar pelo setor de controle de qualidade, tendo obtido o selo de conformidade, o pneumático está pronto para ser comercializado.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Com o intuito de se chegar à causa raiz das inatividades, visando a reorganização das atividades do Grupo “L”, com base na sobre capacidade (80%) apresentada no presente trabalho, aplicou-se o Diagrama de causa e efeito, também chamado de Diagrama de Ishikawa, e de Diagrama Espinha de peixe, de forma a seguir o proposto na literatura, seguindo a lógica dos 6 M's de Ishikawa: máquina, mão de obra, matéria prima, método, medida e meio ambiente. Como apresentado na figura 4, que representa o diagrama de Ishikawa, os 6 M's foram ajustados para o caso particular do presente trabalho, seguindo a seguinte lógica: máquina (Homogeneizador Final), mão de obra (Operador), matéria prima (Mistura), método, medida e meio ambiente (Grupo L).

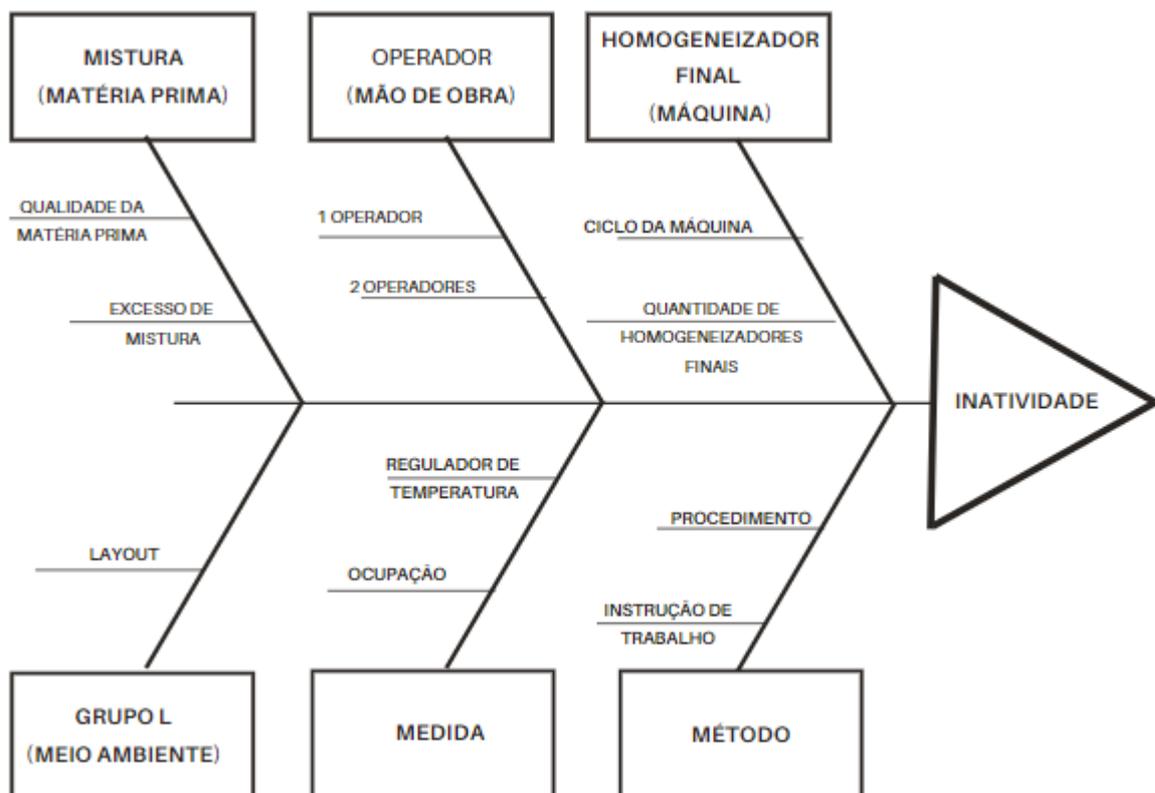


Figura 4 - Diagrama de Ishikawa - Fonte: os autores (2022)

4.2 ALINHAMENTO ENTRE VOZES

4.2.1 *Voice of the Customer* (VOC)

Cliente externo: Gerar uma economia no preço final do pneumático e gerar mais competitividade no mercado.

Parceiro interno: Aprimoramento do processo, gerando redução de desperdícios e impactando positivamente no custo de fabricação do produto, tornando o processo mais otimizado.

4.2.2 *Voice of the Business* (VOB)

Com o foco em melhorar o lucro, possibilitando uma melhor negociação para o setor de vendas, é necessário respeitar o engajamento da fábrica com os clientes, fornecendo o produto desejado, no tempo oportuno, evitando todos os tipos de desperdícios.

4.3 SIPOC

Com base no diagrama de Ishikawa, onde o Homogeneizador Final foi incluído em um dos 6 M's, aplicamos o SIPOC de forma a investigar a máquina e seu processo. O SIPOC é uma ferramenta utilizada para entender e mapear, de uma maneira macro, o processo. A sigla SIPOC significa suppliers (fornecedores), inputs (entradas), process (processo), outputs (saídas) e customers (clientes). Nesse sentido, é necessário estabelecer, de uma forma simplificada, quem são cada um deles para se ter clareza acerca do perímetro de atuação como um todo.

A matriz SIPOC se inicia na coluna "Fornecedor", mostrada nas tabelas 1 e 2. Na primeira linha desta coluna, é descrito o início do processo e, na última linha, o fim do processo. O Homogeneizador Inicial é responsável por fornecer a mistura butil, ainda disforme, para ser trabalhada no Homogeneizador Final. Após chegar no Homogeneizador Final, a mistura é retrabalhada até atingir o padrão ideal de conformidade e ser enviada para a calandra.

Tabela 1 - SIPOC no Homogeneizador Inicial - Fonte: os autores (2022)

Fornecedor	Entrada	Processo	Saída	Cliente
Misturador Interno	Mistura butil desforme e aquecida	Resfriamento e evacuação da mistura	Mistura butil em forma de napa resfriada, na 1ª etapa de resfriamento	Homogeneizador Final

Tabela 2 - SIPOC no Homogeneizador Final - Fonte: os autores (2022)

Fornecedor	Entrada	Processo	Saída	Cliente
Homogeneizador Inicial	Mistura butil em forma de napa resfriada com a 1ª etapa de resfriamento + chute	Resfriamento e homogeneização da mistura	Mistura butil em forma de napa resfriada, na 2ª etapa de resfriamento, e homogeneizada	Calandra

4.4 GEMBA KAIZEN

Foram realizadas visitas técnicas à oficina com o objetivo de levantar a situação atual e fazer um diagnóstico das necessidades de mudança no posto Homogeneizador Final. Para a coleta dos dados, foram realizados observações e acompanhamento da equipe em operação, com o intuito de verificar se o processo estava sendo executado como o planejado, observar o dia a dia da operação e enxergar oportunidades no ambiente de trabalho em estudo.

O objetivo principal do acompanhamento feito foi acompanhar, observar e listar as atividades realizadas no posto e comparar a performance feita com um operador e com dois operadores, visando a validação do processo ideal. Desta forma, através de uma observação contínua, foi possível entender a ocupação total destes operadores, além de identificar se há oportunidade para a redução e a otimização de algumas etapas do processo.

A tabela 3 detalha o primeiro caso em que todas as atividades são realizadas, sequencialmente, no acompanhamento feito no posto em um turno de oito horas, dispondo de dois operadores.

A ocupação, em porcentagem, foi calculada dividindo-se o tempo de realização de cada atividade, pelo tempo máximo de um dia de trabalho (420 minutos).

Tabela 3 - Primeiro caso: 2 operadores no posto. Fonte: os autores (2022)

Nº	Atividades Realizadas	Tempo (min)	Ocupação (%)
1	Acompanhar evolução da mistura (sem intervenção)	114,3	27,21%
2	Deslocamento	53,8	12,83%
3	Regulagem parâmetros no Painel View	45,5	10,82%
4	Corte manual	44,8	10,67%
5	Enviar mistura (com gancho)	36,9	8,79%
6	Receber mistura	31,9	7,59%
7	Acompanhar envio da mistura no tapete	27,8	6,61%
8	Início de posto/Fim de posto	24,6	5,86%
9	Explicação da Engenharia	18,97	4,52%
10	Conversa profissional	18,3	4,36%
11	Conferir sinóptico de produção	15	3,57%
12	Reunião com supervisor	14,7	3,51%
13	Apoio no Homogeneizador Inicial	13,6	3,24%
14	Plano de Verificação	10,1	2,41%
15	Apoio para manutenção do Homogeneizador Inicial	8,21	1,95%
16	Limpeza do posto	6,9	1,63%
17	Encher carrinho com chute	4,4	1,05%
18	Enviar chute	4	0,95%
19	Desaperto de cilindro	3,5	0,83%
20	Conferir plano de produção	3,1	0,73%
21	Cortar chute e colocar no carrinho	2,8	0,68%
22	Afiar a faca	2,4	0,57%
23	Pegar chute, colocar no carrinho e voltar	1,87	0,45%
24	Indicar consumo de chute	1,73	0,41%
25	Checar tapete girafa	1,34	0,32%
26	Acompanhar chegada da mistura pelo tapete aéreo	1,1	0,26%
27	Pegar/Deixar EPI	0,96	0,23%
28	Buscar carrinho	0,93	0,22%
29	Ligar Homogeneizador Final	0,85	0,20%
30	Movimentar carrinho de chute	0,82	0,20%
31	Checar Homogeneizador Final	1,24	0,30%
32	Atuação para resolver problemas na máquina	1,06	0,25%
33	Dobrar chute	0,64	0,15%
34	Levar carrinho vazio até palete	0,55	0,13%
35	Cortar chute	0,38	0,09%
36	Guardar faca	0,25	0,06%
37	Desligar Homogeneizador Final	0,25	0,06%
38	Pesar chute	0,21	0,05%

A figura 5 apresenta a relação entre as atividades do primeiro caso (2 operadores no posto) e sua respectiva ocupação.

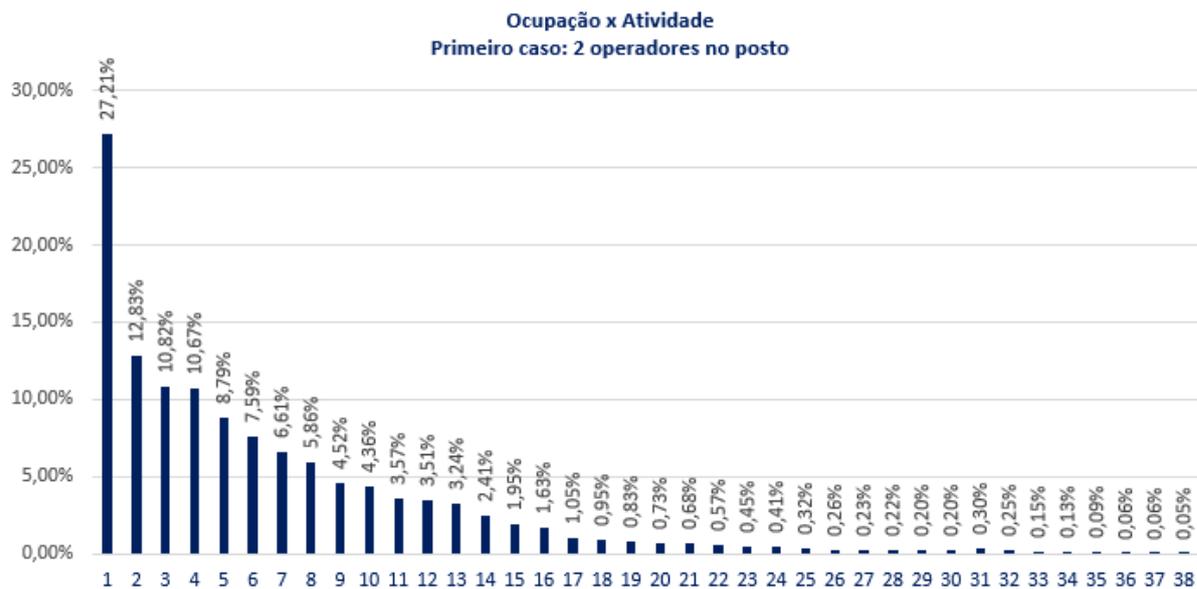


Figura 5 - Ocupação x Atividade - Primeiro caso: 2 operadores no posto. Fonte: os autores (2022)

A tabela 4 detalha o segundo caso, em que todas as atividades são realizadas sequencialmente, em outro dia, em que o posto dispunha de apenas um operador.

Tabela 4 - Segundo caso: 1 operador no posto. Fonte: os autores (2022)

Nº	Atividades Realizadas	Tempo (min)	Ocupação (%)
1	Acompanhar evolução da mistura (sem intervenção)	7,2	1,71%
2	Deslocamento	29,7	7,08%
3	Regulagem parâmetros no Painel View	50,5	12,04%
4	Corte manual	47,9	11,41%
5	Enviar mistura (com gancho)	21,3	5,08%
6	Receber mistura	30,3	7,21%
7	Acompanhar envio da mistura no tapete	10	2,39%
8	Início de posto/Fim de posto	0	0,00%
9	Explicação da Engenharia	4,2	1,00%
10	Conversa profissional	18,1	4,32%
11	Conferir sinóptico de produção	0,30	0,07%
12	Reunião com supervisor	0	0,00%
13	Apoio no Homogeneizador Inicial	16,6	3,96%
14	Plano de Verificação	5,5	1,32%
15	Apoio para manutenção do Homogeneizador Inicial	5,8	1,39%
16	Limpeza do posto	13,3	3,16%
17	Encher carrinho com chute	0	0,00%
18	Enviar chute	0	0,00%
19	Desaperto de cilindro	0	0,00%

Tabela 5 (continuação) - Segundo caso: 1 operador no posto. Fonte: os autores (2022)

Nº	Atividades Realizadas	Tempo (min)	Ocupação (%)
20	Conferir plano de produção	0,71	0,17%
21	Cortar chute e colocar no carrinho	0	0,00%
22	Afiar a faca	1,27	0,30%
23	Pegar chute, colocar no carrinho e voltar	0	0,00%
24	Indicar consumo de chute	0	0,00%
25	Checar tapete girafa	0	0,00%
26	Acompanhar chegada da mistura pelo tapete aéreo	0	0,00%
27	Pegar/Deixar EPI	0,18	0,04%
28	Buscar carrinho	0	0,00%
29	Ligar Homogeneizador Final	0	0,00%
30	Movimentar carrinho de chute	0	0,00%
31	Checar Homogeneizador Final	0	0,00%
32	Atuação para resolver problemas na máquina	9,7	2,31%
33	Dobrar chute	0	0,00%
34	Levar carrinho vazio até palete	0	0,00%
35	Cortar chute	0	0,00%
36	Guardar faca	0	0,00%
37	Desligar Homogeneizador Final	0	0,00%
38	Pesar chute	0	0,00%
39	Passagem de posto	4,9	1,18%
40	Arrumar o posto	2,7	0,65%
41	Jogar pedaço de mistura na varredura	0,35	0,08%

A figura 6 apresenta a relação entre as atividades do primeiro caso (1 operadores no posto) e sua respectiva ocupação.

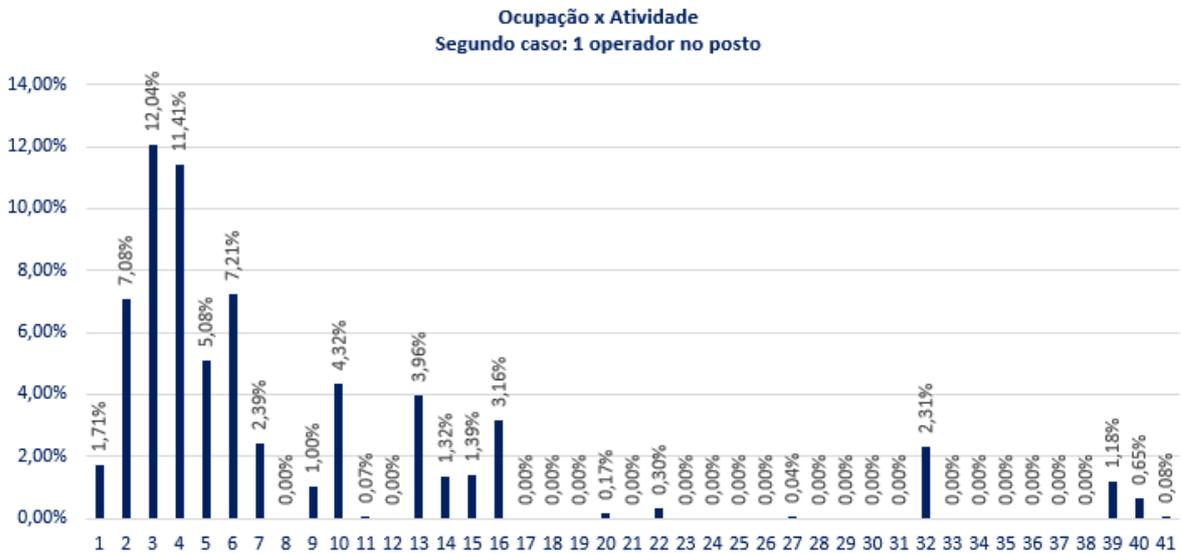


Figura 6 - Ocupação x Atividade - Primeiro caso: 1 operador no posto. Fonte: os autores (2022)

O tempo total necessário para realizar todas as atividades com dois operadores no posto, no primeiro caso analisado, foi de 519,76 minutos, gerando uma ocupação total de 123,78%. Já o segundo caso, com apenas um operador, o tempo total foi de 280,51 minutos, o que significa uma ocupação de 66,87%.

Fazendo um comparativo entre os dois casos, é possível perceber que, o tempo utilizado para realizar o trabalho com apenas um operador, foi menor do que com dois operadores, para várias atividades. Além disso, algumas atividades realizadas pelos dois operadores juntos, sequer foram realizadas pelo operador que atuou sozinho. Desta maneira, através da subtração entre as atividades realizadas nos dois casos é possível modelar um cenário ideal, mais otimizado e com menos desperdícios. Este cenário é apresentado na tabela 5.

Tabela 6 - Comparativo entre os 2 casos – Fonte: os autores (2022)

Nº	Atividades Realizadas	Tempo (min)	% Ocupação
1	Acompanhar evolução da mistura (sem intervenção)	107,1	25,51%
2	Deslocamento	24,1	5,75%
3	Regulagem parâmetros no Painel View	5	1,21%
4	Corte manual	3,1	0,75%
5	Enviar mistura (com gancho)	15,6	3,71%
6	Receber mistura	1,6	0,38%
7	Acompanhar envio da mistura no tapete	17,7	4,22%
8	Início de posto/Fim de posto	24,6	5,86%
9	Explicação da Engenharia	14,7	3,52%

Tabela 7 (continuação) - Comparativo entre os 2 casos – Fonte: os autores (2022)

Nº	Atividades Realizadas	Tempo (min)	% Ocupação
10	Conversa profissional	0,2	0,04%
11	Conferir sinóptico de produção	14,7	3,50%
12	Reunião com supervisor	14,7	3,51%
13	Apoio no Homogeneizador Inicial	3	0,72%
14	Plano de Verificação	4,6	1,09%
15	Apoio para manutenção do Homogeneizador Inicial	2,4	0,56%
16	Limpeza do posto	6,4	1,53%
17	Encher carrinho com chute	4,4	1,05%
18	Enviar chute	4	0,95%
19	Desaperto de cilindro	3,5	0,83%
20	Conferir plano de produção	2,4	0,56%
21	Cortar chute e colocar no carrinho	2,8	0,68%
22	Afiar a faca	1,1	0,27%
23	Pegar chute, colocar no carrinho e voltar	1,87	0,45%
24	Indicar consumo de chute	1,7	0,41%
25	Checar tapete girafa	1,3	0,32%
26	Acompanhar chegada da mistura pelo tapete aéreo	1,07	0,26%
27	Pegar/Deixar EPI	0,78	0,19%
28	Buscar carrinho	0,93	0,22%
29	Ligar Homogeneizador Final	0,85	0,20%
30	Movimentar carrinho de chute	0,82	0,20%
31	Checar Homogeneizador Final	1,24	0,30%
32	Atuação para resolver problemas na máquina	8,63	2,06%
33	Dobrar chute	0,64	0,15%
34	Levar carrinho vazio até palete	0,55	0,13%
35	Cortar chute	0,38	0,09%
36	Guardar faca	0,25	0,06%
37	Desligar Homogeneizador Final	0,25	0,06%
38	Pesar chute	0,21	0,05%
39	Passagem de posto	4,96	1,18%
40	Arrumar o posto	2,73	0,65%
41	Jogar pedaço de mistura na varredura	0,35	0,08%

A figura 7 apresenta a relação entre o comparativo entre as atividades dos dois casos e suas respectivas ocupações.

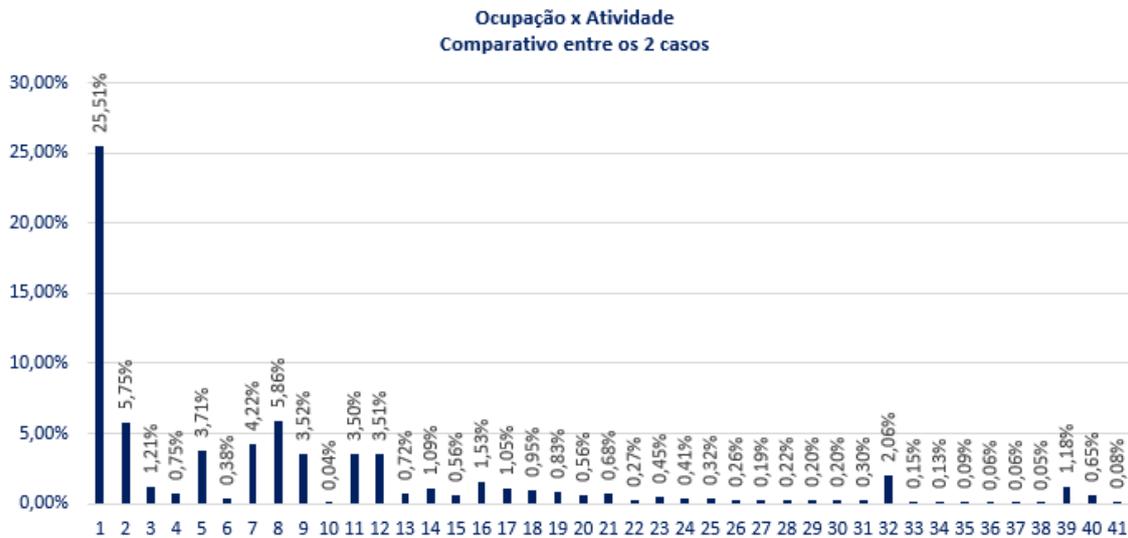


Figura 7 - Ocupação x Atividade - Comparativo entre os dois casos. Fonte: os autores (2022)

Comparando os dois casos, conforme a tabela 5, tem-se um tempo total de 307,21 minutos e uma ocupação total de 73,25%, que não ultrapassa a ocupação de 95% do carregamento, necessária para atender as regras de ergonomia, de qualidade e de segurança.

Analisando, detalhadamente, é possível notar que algumas atividades podem ser removidas da lista de atividades executadas, sendo consideradas como inatividades, que são desperdícios, podendo ser eliminadas sem gerar impacto ao processo, de acordo com a tabela 6.

Tabela 8 - Inatividades – Fonte: os autores (2022)

Atividades Realizadas	Tempo (min)	Ocupação (%)
Acompanhar envio da mistura no tapete	17,7	4,22%
Enviar mistura (com gancho)	15,6	3,71%
Explicação da Engenharia	14,7	3,52%
Cortar chute e colocar no carrinho	2,8	0,68%
Pegar chute, colocar no carrinho e voltar	1,87	0,45%
Acompanhar chegada da mistura pelo tapete aéreo	1,07	0,26%
Encher carrinho com chute	4,4	1,05%

Reduzindo as atividades determinadas como inatividades e, também, admitindo o tempo necessário para as cada atividade como o módulo da diferença entre 1º caso e o 2º caso, é possível identificar um modelo de melhoria que

incorpora os melhores desempenhos, reduzindo a ocupação total de operador, para 59,37%, tido como benchmarking⁵. Estes ganhos podem ser observados na figura 8.

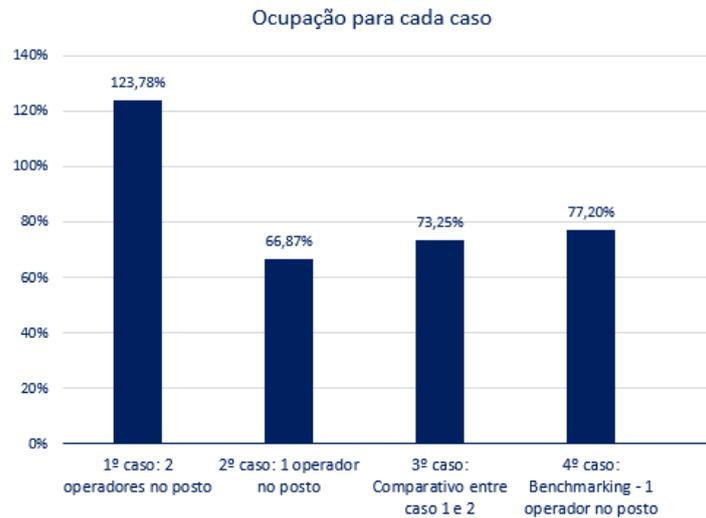


Figura 8 - Ocupação para cada caso - Fonte: os autores (2022)

4.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O percentual de eficiência da máquina é um quesito que precisa ser levado em consideração. Na empresa JP Alves Guimarães existe o indicador TRS, já implementado, que mede a performance da máquina, para acompanhamento das perdas e análises dos problemas do posto.

$$TRS = \frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de produção planejado}}$$

Sendo assim, observou-se que no período da pandemia da Covid-19, a equipe 3 passou os meses de maio e junho de 2021 operando com apenas 1 operador no posto Homogeneizador Final e, ainda assim, teve um resultado de TRS maior do que a equipe 2, que atuou com efetivo completo, como pode ser observado na figura 9.

⁵ Benchmarking representa um modelo tido como referência das melhores práticas usadas. Entre seus benefícios estão a redução de custos, aumento na produtividade e ampliação na margem de lucro.

A eficiência da máquina é obtida através de apontamentos realizados pelos operadores em uma planilha de Excel, e levam em consideração as causas de não performance que atrapalharam a produção.

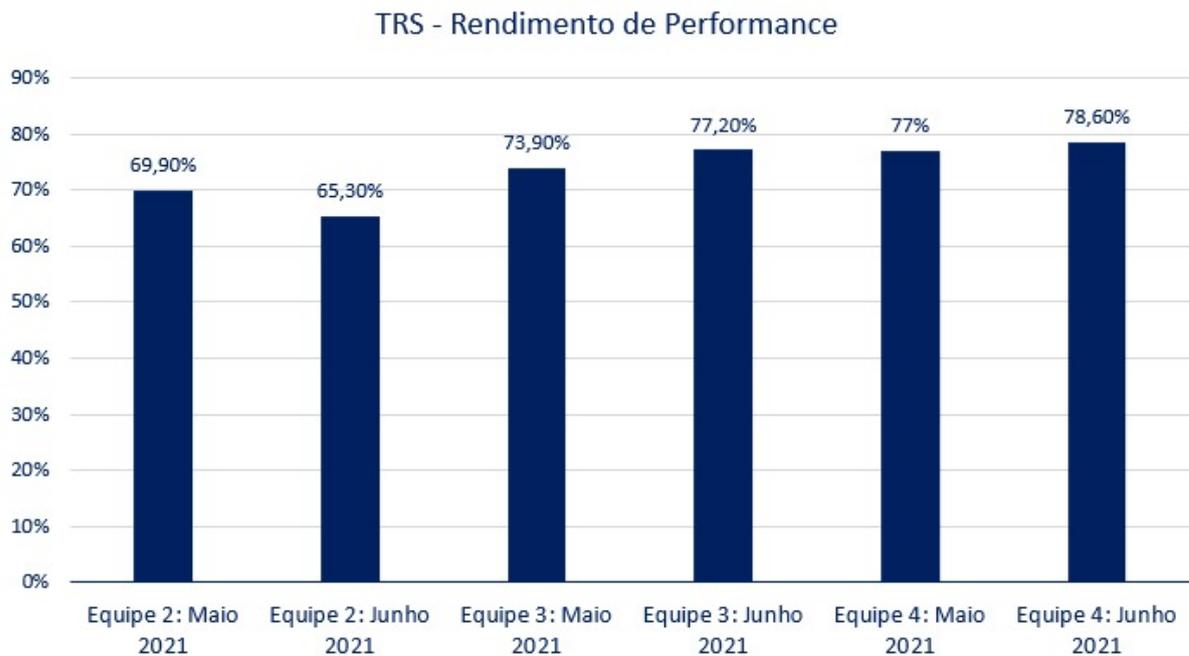


Figura 9 - TRS - Rendimento de Performance. Fonte: os autores (2022)

4.6 5 Porquês

Ao longo do estudo, foi detectado um problema relacionado ao tempo de espera da mistura no tapete entre o Misturador Interno e o Homogeneizador Inicial. Para encontrar a causa raiz deste problema, foi utilizada a ferramenta dos “5 porquês” que representam a evolução do problema até se chegar à causa raiz. Ele usa um conjunto específico de etapas, com instrumentos associados, para encontrar a causa primária do problema sendo necessário determinar o que aconteceu, o porquê aconteceu e o que fazer para reduzir a probabilidade de que isso aconteça novamente.

Diante da causa raiz, foram analisadas oportunidades de melhorias para a empresa. Para isto, foram realizadas observações nos turnos de trabalho, bem como novas conversas informais com os membros da equipe. O resultado obtido está ilustrado na tabela 7.

Tabela 9 - 5 Porquês – Fonte: os autores (2022)

	Por quê?	Resposta
1	Por que a mistura demora a sair do tapete, depois do misturador interno?	Porque o tempo de ciclo, no Homogeneizador Inicial, é elevado.
2	Por que o tempo de ciclo, no Homogeneizador Inicial, é elevado?	Porque os operadores não utilizam o melhor modo operatório.
3	Por que os operadores não utilizam o melhor modo operatório?	Porque têm dificuldades para passar a mistura no cilindro.
4	Por que os operadores têm dificuldade para passar a mistura no cilindro?	Porque existe um problema na temperatura do cilindro.
5	Por que do problema na temperatura do cilindro?	Porque existe problema de aquecimento no Regulador de Temperatura do cilindro.

A técnica dos 5 porquês é simples, porém efetiva para ajudar a entender as causas da ocorrência de problemas. É possível, portanto, detectar que a causa raiz do problema está relacionada a um problema com o aquecimento no Regulador de Temperatura do cilindro. Que, uma vez detectado, pode ser tratado para que se elimine o desperdício de tempo na passagem na mistura no tapete entre o Misturador Interno e o Homogeneizador Inicial.

4.7 Simograma

De posse da ocupação observada nas etapas anteriores, identificou-se que é possível o funcionamento do posto com apenas um operador, apesar de o objetivo diário de produção de mistura não ser alcançado. De forma a obter a performance esperada (produção de 115 misturas por dia), com menos recurso (apenas um operador), foi aplicada a ferramenta simograma, com base no ciclo de atividades em um dia de trabalho. O simograma é uma ferramenta gráfica que auxilia na identificação de atividades simultâneas ou esperas entre atividades distintas. Os tempos de cada atividade foram obtidos através da observação contínua (Gemba) realizada do processo.

A tabela 8 mostra os tempos para o caso de um operador e duas máquinas de Homogeneizador Final.

Tabela 10 - Tempos: 1 operador e 2 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
1	Autorizar a recepção de mistura.	Operador pressiona botão de autorização de recepção de mistura e pressiona botão de aperto de cilindro de trabalho.	0,1	1	Homogeneizador Final 1
2	Colocar mistura a em circuito de trabalho.	Operador movimenta o tapete sub ferramenta, pega a mistura e coloca no cilindro.	0,4	1	Homogeneizador Final 1
3	Pegar a faca e colocar sobre a mistura.	Operador pega a faca e posiciona na mistura para iniciar o corte.	0,14	1	Homogeneizador Final 1
4	Cortar a mistura no cilindro.	Operador corta a mistura para colocar em circuito de trabalho inferior.	0,17	1	Homogeneizador Final 1
5	Guardar a faca.	Operador guarda a faca no suporte.	0,04	1	Homogeneizador Final 1
6	Regular os parâmetros de trabalho	Operador regula os parâmetros de trabalho da máquina.	0,13	1	Homogeneizador Final 1
7	Deslocamento do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	0,19	1	Homogeneizador Final 1
8	Regular os parâmetros para envio.	Operador regula os parâmetros para envio da mistura.	0,17	1	Homogeneizador Final 2
9	Oscilação do tapete girafa	Tapete girafa sai da inércia, liga oscilação e se prepara para envio da mistura.	0,15	1	Homogeneizador Final 2
10	Descida do tapete telescópio.	Tapete telescópio desce para receber a mistura para envio.	0,10	1	Homogeneizador Final 2
11	Envio da mistura pelo tapete telescópio.	Tapete girafa corta a mistura e inicia envio da mesma pelo tapete telescópio.	1,12	1	Homogeneizador Final 2
12	Enviar a mistura.	Operador pega o gancho, utiliza o gancho para posicionar a mistura no tapete telescópio e guarda o gancho.	0,16	1	Homogeneizador Final 2

Tabela 11 (continuação) - Tempos: 1 operador e 2 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
13	Trabalho da mistura no cilindro.	Tempo para mistura ser homogeneizada e resfriada no circuito cilindro-tapete girafa	2,8	1	Homogeneizador Final 2
14	Autorizar a recepção de mistura.	Operador pressiona botão de autorização de recepção de mistura e pressiona botão de aperto de cilindro de trabalho.	0,1	1	Homogeneizador Final 2
15	Colocar a mistura em circuito de trabalho.	Operador movimenta o tapete sub ferramenta, pega a mistura e coloca no cilindro.	0,4	1	Homogeneizador Final 2
16	Pegar a faca e colocar sobre a mistura.	Operador pega a faca e posiciona na mistura para iniciar o corte.	0,1	1	Homogeneizador Final 2
17	Cortar a mistura no cilindro.	Operador corta a mistura para colocar em circuito de trabalho inferior.	0,2	1	Homogeneizador Final 2
18	Guardar a faca.	Operador guarda a faca no suporte.	0	1	Homogeneizador Final 2
19	Regular os parâmetros de trabalho	Operador regula os parâmetros de trabalho da máquina.	0,1	1	Homogeneizador Final 2
20	Deslocamento do Homogeneizador Final 1 para Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	0,2	1	Homogeneizador Final 2
21	Regular os parâmetros para envio.	Operador regula os parâmetros para envio da mistura.	0,2	1	Homogeneizador Final 1
22	Oscilação do tapete girafa	Tapete girafa sai da inércia, liga oscilação e se prepara para envio da mistura.	0,2	1	Homogeneizador Final 1

Tabela 12 (continuação) - Tempos: 1 operador e 2 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
23	Descida do tapete telescópio.	Tapete telescópio desce para receber a mistura para envio.	0,1	1	Homogeneizador Final 1
24	Envio da mistura pelo tapete telescópio.	Tapete girafa corta a mistura e inicia envio da mesma pelo tapete telescópio.	1,1	1	Homogeneizador Final 1
25	Enviar a mistura.	Operador pega o gancho, utiliza o gancho para posicionar a mistura no tapete telescópio e guarda o gancho.	0,2	1	Homogeneizador Final 1

Como retorno do simograma, foi possível identificar que, neste posto, existem atividades em que há a interface homem máquina e outras em que o operador apenas aguarda a máquina concluir a tarefa. Não existem atividades sobrepostas, há, inclusive, uma espera entre uma e outra.

A tabela 9 apresenta os dados referentes ao arranjo anterior, com três máquinas.

Tabela 13 - 1 operador e 3 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
1	Autorizar recepção de mistura.	Operador pressiona botão de autorização de recepção de mistura e pressiona botão de aperto de cilindro de trabalho.	0,11	1	Homogeneizador Final 1
2	Colocar mistura em circuito de trabalho.	Operador movimentada o tapete sub ferramenta, pega a mistura e coloca no cilindro.	0,38	1	Homogeneizador Final 1
3	Pegar faca e colocar sobre a mistura.	Operador pega a faca e posiciona na mistura para iniciar o corte.	0,14	1	Homogeneizador Final 1
4	Cortar mistura no cilindro.	Operador corta a mistura para colocar em circuito de trabalho inferior.	0,17	1	Homogeneizador Final 1

Tabela 14 (continuação) - 1 operador e 3 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
5	Guardar faca.	Operador guarda a faca no suporte.	0,04	1	Homogeneizador Final 1
6	Regular parâmetros de trabalho	Operador regula os parâmetros de trabalho da máquina.	0,13	1	Homogeneizador Final 1
7	Deslocamento do Homogeneizador Final 1 para Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	0,19	1	Homogeneizador Final 1
8	Regular parâmetros para envio.	Operador regula os parâmetros para envio da mistura.	0,17	1	Homogeneizador Final 2
9	Tapete girafa liga oscilação.	Tapete girafa sai da inércia, liga oscilação e se prepara para envio da mistura.	0,15	1	Homogeneizador Final 2
10	Descida tapete telescópio.	Tapete telescópio desce para receber a mistura para envio.	0,1	1	Homogeneizador Final 2
11	Envio da mistura pelo tapete telescópio.	Tapete girafa corta a mistura e inicia envio da mesma pelo tapete telescópio.	1,12	1	Homogeneizador Final 2
12	Envio da mistura.	Operador pega o gancho, utiliza o gancho para posicionar a mistura no tapete telescópio e guarda o gancho.	0,16	1	Homogeneizador Final 2
13	Deslocamento do Homogeneizador Final 2 para Homogeneizador Final 3 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 2 para o Homogeneizador Final 3 (vice-versa).	0,32	1	Homogeneizador Final 2
14	Trabalho da mistura no cilindro.	Tempo para mistura ser homogeneizada e resfriada no circuito cilindro-tapete girafa	2,8	1	Homogeneizador Final 3
15	Autorização de recepção da mistura.	Operador pressiona botão de autorização de recepção de mistura e pressiona botão de aperto de cilindro de trabalho.	0,11	1	Homogeneizador Final 3
16	Introdução da mistura no circuito de trabalho.	Operador movimenta o tapete sub ferramenta, pega a mistura e coloca no cilindro.	0,38	1	Homogeneizador Final 3
17	Colocação da faca sobre a mistura.	Operador pega a faca e posiciona na mistura para iniciar o corte.	0,14	1	Homogeneizador Final 3

Tabela 15 (continuação) - 1 operador e 3 máquinas. Fonte: os autores (2022).

Nº	Atividade	Descrição	Tempo (min)	Frequência	Homogeneizador Final
18	Colaço da mistura no cilindro.	Operador corta a mistura para colocar em circuito de trabalho inferior.	0,17	1	Homogeneizador Final 3
19	Guardar faca.	Operador guarda a faca no suporte.	0,04	1	Homogeneizador Final 3
20	Regular parâmetros de trabalho	Operador regula os parâmetros de trabalho da máquina.	0,13	1	Homogeneizador Final 3
21	Deslocamento Homogeneizador Final 3 para Homogeneizador Final 1 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	0,14	1	Homogeneizador Final 3
22	Regulação dos parâmetros para envio.	Operador regula os parâmetros para envio da mistura.	0,17	1	Homogeneizador Final 1
23	Tapete girafa liga oscilação.	Tapete girafa sai da inércia, liga oscilação e se prepara para envio da mistura.	0,15	1	Homogeneizador Final 1
24	Descida tapete telescópio.	Tapete telescópio desce para receber a mistura para envio.	0,1	1	Homogeneizador Final 1
25	Envio da mistura pelo tapete telescópio.	Tapete girafa corta a mistura e inicia envio da mesma pelo tapete telescópio.	1,12	1	Homogeneizador Final 1
26	Enviar mistura.	Operador pega o gancho, utiliza o gancho para posicionar a mistura no tapete telescópio e guarda o gancho.	0,16	1	Homogeneizador Final 1
27	Deslocamento Homogeneizador Final 1 para Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	Operador se desloca do Homogeneizador Final 1 para o Homogeneizador Final 2 (vice-versa).	0,19	1	Homogeneizador Final 1

A análise da tabela 9, que representa o layout proposto com 3 máquinas sendo operadas por apenas um operador, revela que, apesar de possível, este novo arranjo é inviável devido à redução nos tempos de deslocamento entre uma máquina e outra. O operador tem uma sensível redução em sua mobilidade no que tange a operação com segurança e observando os requisitos ergonômicos pois, uma vez tendo que operar 3 máquinas, o simograma nos revela que este operador deverá

realizar suas atividades com mais rapidez, o que pode acarretar desvios na execução, colocando em risco a fluidez do processo.

4.8 5W2H e a Definição de um Plano de Ação

Uma vez constatado, através do simograma, que um arranjo, onde um operador opera três máquinas, é inviável, surge a necessidade de se garantir a performance esperada, mas com apenas 2 máquinas. Aplica-se, então, a ferramenta 5W2H, a fim de estabelecer as premissas que possibilitem traçar um plano de ação de forma racional e eficaz.

O 5W2H é ideal quando se tenta resolver um problema ou criar um sistema, um processo analítico. Ele fornece um quadro que reúne de informações relevantes e necessárias. Ajuda a assegurar a eficiência dentro dos processos. A tabela 10 ilustra a aplicação do 5W2H no âmbito do presente trabalho.

Tabela 16 - 5W2H - Fonte: os autores (2022).

5W	<i>What?</i> / O que?	Qual ação / objetivo?	Operar 2 HF com apenas um colaborador. Manter a performance.
	<i>Who?</i> / Quem?	Quem serão os responsáveis?	Operador F.
	<i>Where?</i> / Onde?	Onde acontecerá?	Grupo "L".
	<i>When?</i> / Quando?	Quando se dará?	O mais breve possível.
	<i>Why?</i> Por quê?	Qual a motivação?	Redução de custo através da redução de mão de obra e otimização do processo.
2H	<i>How?</i> / Como?	Como se dará?	Através da reorganização das atividades do posto, explorando a sobre capacidade identificada e eliminando desperdícios.
	<i>How much?</i> / Quanto custa?	Qual será o custo desta implementação?	A ação não gerará custos, uma vez que se trata de redução de pessoal.

Após a aplicação do 5W2H, e de posse das informações obtidas nas seções anteriores do presente trabalho, elaborou-se um plano de ação, de forma a estabelecer ações que possibilitem a implantação de mudanças que garantam um cenário onde, com apenas um operador, operando 2 máquinas, se consiga chegar

ao resultado obtido por 2 operadores. A tabela 11 traz as especificações das ações que serviram como base para a aplicação do 5W2H ilustrado na tabela 12.

Tabela 17 – Especificação das ações - Fonte: os autores (2022).

Área de impacto	Priorização	Atividade	Problema/Perda Observada/Oportunidade	Solução proposta	Ganho potencial
Ocupação do operador	Alta	Envio de mistura.	Operador usa gancho para certificar que o envio da mistura no tapete telescópico seja realizado sem problemas.	Instalação de flaps/melhora no alinhamento dos tapetes.	0,16 min/ciclo
Segurança	Alta	Atuação em máquina.	Dificuldade de cumprimento de regras de segurança pelos operadores de Homogeneizador Inicial e do Homogeneizador Final.	Auditoria para verificar riscos e validar medidas de segurança.	Redução de acidentes.
Ocupação do operador	Alta	Recepção de mistura	Possibilidade de execução de um modo operatório mais otimizado.	Alteração no modo operatório do HF com eliminação da atividade de corte e substituição pelo posicionamento direto da mistura no rolo de resfriamento.	0,46 min/ciclo

Tabela 18 (continuação) – Especificação das ações - Fonte: os autores (2022).

Área de impacto	Priorização	Atividade	Problema/Perda Observada/Oportunidade	Solução proposta	Ganho potencial
Suporte à intervenções/rendimento	Alta	Suporte Homogeneizador Inicial / Homogeneizador Final	Dificuldade de atuar na máquina com 1 operador de Homogeneizador Inicial e 1 operador de Homogeneizador Final e, ainda, dar suporte a outras atividades do Grupo L.	Designar o provisionador como suporte dos operadores de Homogeneizador Inicial e Homogeneizador Final. Possui baixa ocupação e pode controlar sua rotina, garantindo apoio ao perímetro do grupo L durante o turno	1% TRS (rendimento de performance)
Ocupação do operador	Média	Partida e parada da oscilação recalibrada para eliminar necessidade do operador acionar manualmente	Acionamento da oscilação por parte dos operadores para melhor distribuição de mistura no cilindro e para ganho de tempo de ciclo	Recalibração dos tempos de acionamento da oscilação do tapete.	0,11 min/ciclo
Ciclo	Média	Limpeza dos Homogeneizadores Finais.	Cada equipe é responsável pela limpeza de 1 Homogeneizador Final por mês, com o 4º O 2º operador de Homogeneizador Final era o responsável por essa.	Operador da manutenção já realiza limpeza do misturador interno. Possível atribuição desta atividade para ele.	192,00 min/mês

Tabela 19 (continuação) – Especificação das ações - Fonte: os autores (2022).

Área de impacto	Priorização	Atividade	Problema/Perda Observada/Oportunidade	Solução proposta	Ganho potencial
Cadenciamento de ciclo	Alta	Controle Numérico do Homogeneizador Final.	Garantir cadenciamento do ciclo, sem esperas no HF.	1. Aceleração dos tapetes de envio / 2. Mudança de posicionamento da balança para antecipar zero do ciclo.	0,051 min
Cadenciamento de ciclo	Alta	Redução do tempo de ciclo das misturas no Homogeneizador Final.	Investigar junto Qualidade a possibilidade de se reduzir o tempo de trabalho das misturas na máquina (já existe um limite mínimo inferior ao tempo em que cada mistura é trabalhada).	Realizar análise de risco e alinhar com os clientes autorização para realização da modificação.	0,31 min

A tabela 12, apresenta a aplicação da ferramenta 5W2H:

Tabela 20 - 5W2H - Plano de ação. Fonte: os autores (2022).

Causa	O que?	Quem?	Como?	Quando?
Operador usa gancho para certificar que o envio da mistura no tapete seja realizado sem problemas.	Eliminar a utilização do gancho, pelo operador, para verificação da conformidade do envio da mistura.	Equipe de Manutenção.	Instalação de flaps/melhora no alinhamento dos tapetes.	10/09/22
Dificuldade de cumprimento de regras de segurança pelos operadores do Homogeneizador inicial e do Homogeneizador Final.	Eliminar riscos de acidentes.	Presidente da CIPA: Comissão interna de Prevenção de acidentes.	Auditoria para verificar riscos e validar medidas de segurança.	10/09/22

Tabela 21 (continuação) - 5W2H - Plano de ação. Fonte: os autores (2022).

Causa	O que?	Quem?	Como?	Quando?
Possibilidade de execução de um modo operatório mais otimizado.	Eliminar a atividade de corte no Homogeneizador Final.	Operador F.	Alteração no modo operatório do Homogeneizador Final com eliminação da atividade de corte e substituição pelo posicionamento direto da mistura no rolo de resfriamento.	10/09/2022
Operador F com dificuldade de atuar na máquina com 1 operador de Homogeneizador Inicial e 1 operador de Homogeneizador Final e, ainda, dar suporte a outras atividades do Grupo L.	Designar outro colaborador para dar suporte a eventuais necessidades do Grupo L.	Gerente de produção G.	Designar o aprovisionador como suporte dos operadores de Homogeneizador Inicial e Homogeneizador Final.	10/09/2022
Possibilidade de eliminar o acionamento da oscilação por parte do Operador F, para melhor distribuição de mistura no cilindro e para ganho de tempo de ciclo.	Automatismo da oscilação.	Agente de Manutenção M.	Recalibração dos tempos de acionamento da oscilação do tapete.	10/09/2022
Cada equipe é responsável pela limpeza de 1 Homogeneizador Final por mês, com o 4º Homogeneizador Final possuindo rotatividade de limpeza entre as equipes. O 2º operador de Homogeneizador Final era o responsável por essa.	Limpeza dos Homogeneizadores Finais.	Agente de Manutenção M.	O agente de manutenção M já realiza limpeza do misturador interno. Possível atribuição desta atividade para ele.	10/09/2022
Garantir cadenciamento do ciclo, sem esperas no Homogeneizador Final.	Parametrizar o controle numérico do Homogeneizador Final para reduzir as esperas.	Operador F.	1. Aceleração dos tapetes de envio / 2. Mudança de posicionamento da balança para antecipar zero do ciclo.	10/09/2022

Tabela 22 (continuação) - 5W2H - Plano de ação. Fonte: os autores (2022).

Causa	O que?	Quem?	Como?	Quando?
Investigar junto Qualidade a possibilidade de se reduzir o tempo de trabalho das misturas na máquina (já existe um limite mínimo inferior ao tempo em que cada mistura é trabalhada).	Redução do tempo de ciclo das misturas no Homogeneizador Final.	Gerente de Qualidade G.	Realizar análise de risco e alinhar com os clientes autorização para realização da modificação.	10/09/2022

A utilização das ferramentas da qualidade demonstrou que, com o auxílio da reorganização das atividades do posto de trabalho analisado, e a eliminação de ações que foram classificadas como desperdício, é possível estabelecer um cenário onde, com apenas um operador, a performance esperada seja alcançada. Partiu-se do desejo de se conseguir o mesmo resultado, com menos recurso e, de forma a traçar um sequenciamento lógico de ações que levassem a esse resultado, os autores encontraram na gestão da qualidade um caminho sólido e referenciado.

A análise de ocupação, por meio do Gemba, proporcionou, através da observação contínua das atividades desenvolvidas no posto, que fosse identificado que havia uma taxa de ocupação propícia a otimização. Foi identificado que era possível operar apenas com um colaborador, mas que a meta diária de produção de mistura não seria atendida se não houvesse uma mudança em relação ao processo.

Analisou-se dois cenários: um operador e 3 Homogeneizadores Finais / um operador e 2 Homogeneizadores Finais. O simograma demonstrou que, um layout com 3 máquinas, para apenas um operador, seria inviável e que, para que o objetivo fosse alcançado, deveria manter apenas 2 Homogeneizadores Finais. Desde modo, um plano de ação foi traçado para que se pudesse estabelecer o cenário desejado, ou sejam um operador e 2 Homogeneizadores Finais produzindo 110 misturas por dia.

Além dos ganhos listados no plano de ação, foi identificado um ganho em relação ao custo energético e uma economia no que tange o desligamento de um dos Homogeneizadores Finais, já que no cenário proposto o posto passará a operar com 2 homogeneizadores e não mais 3. A tabela 13 traz os valores desta economia.

Tabela 23 - Desligamento de um motor. Fonte: os autores (2022).

Economia	R\$/hora	R\$/dia	R\$/ano	MWh/ano
Desligamento de um motor / 1 Homogeneizador Final.	R\$50,36	R\$1.208,56	R\$441.126,00	1134

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto propõe a melhoria da eficiência produtiva, de um posto de homogeneização de mistura butil, em uma empresa fabricante de pneumáticos, localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. O estudo de caso se baseou em uma metodologia de MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) e na utilização de Ferramentas da Qualidade, para otimizar o processo de produção, através da reorganização das atividades do posto de homogeneização, por meio da eliminação de desperdício e redução da inatividade dos operadores. As ferramentas da qualidade permitiram a identificação de pontos de melhoria, o mapeamento e eliminação dos desperdícios durante o processo.

O engajamento dos operadores, na compreensão da importância da otimização do processo, foi um grande aliado no que tange o levantamento de dados e para que as rotinas do posto de homogeneização fossem detalhadas de maneira correta. O fato de estarem envolvidos, em todas as etapas do processo, facilitou a criação de ideias e a gestão da mudança. Nesse sentido, a reorganização feita pôde ser planejada pensando nos principais agentes afetados, a fim de evitar impactos negativos e favorecer a melhoria e otimização do processo como um todo.

Além disso, este trabalho foi estruturado de forma a tornar o processo, de aplicação das ferramentas da qualidade, replicável para outros setores e para outras empresas. Nesse sentido, a oportunidade de reduzir desperdícios pode ser explorada continuamente no setor, angariando redução de custos.

Após a aplicação das ferramentas da qualidade, foi alcançada a redução da inatividade, através da reorganização das atividades que compõe o processo de fabricação da mistura butil. O posto do Homogeneizador Final funcionou perfeitamente com apenas um operador. Além disso, foi identificado um ganho em relação ao custo energético do posto de homogeneização, já que o estudo demonstrou a possibilidade de se operar apenas com dois homogeneizadores finais ligados, ao invés de três. O que resultou em uma economia de R\$441.126,00 por ano.

Frente ao exposto, o estudo foi considerado bem-sucedido, uma vez que seu resultado trouxe impactos positivos nos custos da JP Alves Guimarães, tanto no que

tange a otimização de mão de obra (redução de um operador), quanto na economia energética (redução do número de homogeneizadores para produção da mistura butil), o que atende o objetivo geral deste trabalho, de reduzir os custos de realização industrial, bem como o objetivo específico de reorganização das atividades, sem afetar as entregas aos clientes.

Espera-se que o estudo realizado possa ter evidenciado a aplicabilidade do uso correto das ferramentas da qualidade na eliminação de desperdícios, reorganização de atividades e redução de custos. E que, a metodologia aqui aplicada, seja implementada nas outras etapas de fabricação dos pneumáticos, de maneira a obter uma produção cada vez mais enxuta e lucrativa. É importante destacar a limitação do presente trabalho, tendo em vista que o tempo de acompanhamento das atividades de fabricação de mistura butil, no Grupo L, se deu durante apenas 2 meses (maio e junho de 2021). Sugere-se que sejam feitas novas análises, em um período de tempo maior, de modo que os resultados desses novos acompanhamentos possam ser comparados com os obtidos no presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO, Rafael. **Dr. Deming. O americano que ensinou a qualidade total aos japoneses**. Rio de Janeiro: Record, 1993.

ANIP. **Vendas de pneus fecham 2020 com baixa de 12,9%**. Disponível em <<https://www.anip.org.br/releases/vendas-de-pneus-fecham-2020-com-baixa-de-129/>> . Acessado em: 25 out. 2021.

BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. Editora Edgard Blucher LTDA, 1977.

BASSAN, Edilberto. **Gestão da Qualidade – Ferramentas, técnicas e métodos**. Editora Edilberto Bassan, 2018.

AMMERAAL BELTECH. **Fabrico de Pneus**. Disponível em <<https://www.ammeraalbeltech.com/pt-pt/industrias/pneus/fabrico-de-pneus/calandragem-de-revestimento-interior/>> . Acessado em 25 out. 2021.

BLACK, S. A.; PORTER, L. J. **Identification of the critical factors of TQM**. *Decision Sciences*, v. 27, n. 1, p. 1-21, 1996. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5915.1996.tb00841.x>

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 6ª ed. Belo Horizonte: DG, 1992.

CHERRAFI, A., Elfezazi, S., Hurley, B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Anosike, A., & Batista, L. (2019). **Green and lean: a Gemba–Kaizen model for sustainability enhancement**. *Production, Planning & Control: The Management of Operations*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501808>.

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: Um estudo de caso na indústria automobilística**. Dissertação. 133f. 2004. (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement-A practical analysis**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, n. 12, p. 1488-1502, 2000.

- DEMING, W. E. (1986). ***Out of the Crisis. Cambridge, MA***: Center for Advanced Engineering Study, Massachusetts Institute of Technology.
- DOMENECH, C. ***Estratégia Lean Seis Sigma***. 1ª Edição. São Paulo: M. I. Domenech, 2015.
- FEIGENBAUM, A. V. ***Controle da qualidade total: gestão e sistemas***. V. 1. São Paulo: Makron Books, 1994.
- FERNANDES, Caio Henrique de Araújo. ***Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade-PE***. Orientadora: Ana Cristina Gonçalves Castro Silva. 2018. 104 f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018. Disponível em <<http://www.univasf.edu.br/~tcc/000015/000015fa.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2022.
- JURAN, J. M. ***Controle da qualidade***. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1991.
- LOBO, R. N. ***Gestão da Qualidade***. São Paulo: Érica, 2010.
- LOUZADA, Paula. ***Voz do Processo e Voz do Cliente: entenda agora como funcionam***. 2020. Disponível em <<https://www.fm2s.com.br/voz-do-processo-e-voz-do-cliente-entenda-agora-como-funcionam/>> . Acessado em: 03. mar. 2021.
- MARK, James E.; ERMAN, Burak; EIRICH, Frederick R. (Ed.). ***Science and Technology of RUBBER***. 3. ed. Burlington: Elsevier, 2005.
- MENDES, M.F. ***A importância dos sistemas QAS (Qualidade, Ambiente e Segurança) nas Pequenas e Médias Empresas PME***, 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade, Segurança e Manutenção na Universidade do Minho. Braga, 2007.
- MIGUEL, Paulo. ***Qualidade: Enfoques e Ferramentas***. 1. Ed. Artliber, 2001.
- MONTGOMERY, D. C. ***Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade***. LTC, 4.ed., 2004.
- MUCHIRI, P.; PINTELON, L. ***Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion***. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PACHECO, M.; SAMPAIO, P.; RODRIGUES, C. **Ferramentas da qualidade: estudo de sua aplicação e uso nas organizações certificadas.** In ENEGI, 2011, Guimarães. Anais eletrônicos... Universidade do Minho/Escola de Engenharia: Portugal, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/15165>> Acesso em 02 jan. 2022.

PERTENCE, Poliana Prioste; MELLEIRO, Marta Maria. **Implantação de ferramenta de gestão de qualidade em Hospital Universitário.** Rev. esc. enferm. USP, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 1024-1031, Dec. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S008062342010000400024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 fev. 2022.

POSSARLE, Roberto. **Gestão: Ferramentas da qualidade.** 1. Ed. São Paulo: SENAI/SP, 2014.

RAMOS, Davidson. **A 5ª Era da Qualidade e o papel do profissional da qualidade.** Disponível em < <https://blogdaqualidade.com.br/a-5a-era-da-qualidade-e-o-papel-do-profissional-da-qualidade/>> Publicado em 07/03/2019. Acessado em 05 fev. 2022.

RAMOS, Davidson. **Gurus da Qualidade: Kaoru Ishikawa.** Disponível em < <https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-kaoru-ishikawa/>> Publicado em 11/07/2017. Acessado em 05 fev. 2022.

RAMOS, Davidson. **Gurus da Qualidade: Philip Crosby.** Disponível em < <https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-philip-crosby/>> Publicado em 29/06/2017. Acessado em 05 fev. 2022.

SANTOS, Virgílio. **Gurus da Qualidade: Conheça 8 sobre melhoria contínua.** Disponível em <<https://www.fm2s.com.br/gurus-da-qualidade/>> Publicado em 27/05/2019. Acessado em 05 fev. 2022.

SIMON, K.. **SIPOC Diagram – I SIX SIGMA.** Disponível em < <https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipoc-diagram/>> Publicado em 2016. Acesso em 02 fev. de 2022.

SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002. pp.276-307.

STEVENSON, Willian J. **Administração das operações de produção**; Rio de Janeiro: LT C, 2001. pp.232-268.

THULL-FREEDMAN, J., MONDOUX, S., STANG, A., & CHARTIER, L. (2020). **Going to the COVID-19 Gemba: Using observation and high reliability strategies to achieve safety in a time of crisis**. CJEM, 22(6), 738-741. doi:10.1017/cem.2020.380.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Geral, 1995.

ZEEMAN, A. (2018). **Genichi Taguchi**. Disponível em: <<https://www.toolshero.com/toolsheroes/genichi-taguchi/>> Acessado em 05 fev. de 2022.