



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

REESTRUTURAÇÃO DO ESTOQUE INTERMEDIÁRIO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LUVAS DE AÇO PARA O SETOR DE OLÉO E GÁS

RESTRUCTURING OF THE INTERMEDIATE STOCK IN THE STEEL GLOVE PRODUCTION PROCESS FOR THE OIL AND GAS SECTOR

REESTRUCTURACIÓN DEL INVENTARIO INTERMEDIO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GUANTES DE ACERO PARA EL SECTOR DE PETRÓLEO Y GAS

Igor Bernardes da Silva ^{1*}, Natália Fernanda Santos Pereira ², Gabriela Correa Frossard ³, & Robert Cruzoaldo Maria ⁴

^{1 2 3 4} Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Congonhas

^{1*} igor.bernardes.3386@outlook.com ² natalia.pereira@ifmg.edu.br ³ gabriela.frossard@ifmg.edu.br

⁴ robert.maria@ifmg.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 30.05.2023

Aprovado: 13.07.2023

Disponibilizado: 18.07.2023

PALAVRAS-CHAVE: DMAIC; Estoque Intermediário; Produtividade; Gestão de estoques; Reestruturação.

KEYWORDS: DMAIC; Intermediate Stock; Productivity; Inventory Management; Restructuring.

PALABRAS CLAVE: DMAIC; Stock intermedio; Productividad; Gestión de inventarios; Reestructuraciones.

*Autor Correspondente: Silva, I. B.

RESUMO

As empresas necessitam constantemente de melhorias na eficiência de seus processos, de forma a atender seus clientes com produtos de qualidade dentro do prazo de entrega acordado. A eficiência de uma empresa pode estar relacionada a fatores operacionais, mas principalmente à gestão de recursos. Dessa forma, a gestão assume uma função importante dentro das empresas e, quando realizada de forma ineficiente desencadeia uma série de problemas que interferem na qualidade do produto e na entrega ao cliente. O presente estudo propõe a reestruturação do estoque intermediário do processo de produção de luvas de aço roscadas para o setor de óleo e gás a partir da metodologia DMAIC. Por meio de sua aplicação, foi possível eliminar problemas de mistura de lotes e perda de rastreabilidade que acarretavam na ociosidade dos processos e baixa produtividade. As ações propostas permitiram a padronização da forma de estocagem das luvas no estoque intermediário e a redução do tempo gasto para a movimentação de material. Os resultados foram o aumento da produtividade da empresa que alcançou valores 5,27% acima da meta de produção definida em 2022.

ABSTRACT

Companies constantly need improvements in the efficiency of their processes, in order to serve their customers with quality products within the agreed delivery time. The efficiency of a company can be related to operational

factors, but mainly the management of resources. In this way, management assumes an important function within companies and, when performed inefficiently, it triggers a series of problems that interfere with product quality and delivery to the customer. The present study proposes the restructuring of the intermediate stock of the production process of threaded steel sleeves for the oil and gas sector based on the DMAIC methodology. Through its application, it was possible to eliminate batch mixing problems and loss of traceability that led to process idleness and low productivity. The proposed actions made it possible to standardize the way gloves are stored in the intermediate stock and to reduce the time spent moving material. The results were the increase in the company's productivity, which reached values 5.27% above the production target defined in 2022.

RESUMEN

Las empresas necesitan constantemente mejoras en la eficiencia de sus procesos, para poder servir a sus clientes con productos de calidad en el tiempo de entrega acordado. La eficiencia de una empresa puede estar relacionada con factores operativos, pero principalmente con la gestión de los recursos. De esta forma, la gestión asume una función importante dentro de las empresas y, cuando se realiza de manera ineficiente, desencadena una serie de problemas que interfieren con la calidad del producto y la entrega al cliente. El presente estudio propone la reestructuración del stock intermedio del proceso de producción de camisas roscadas de acero para el sector de petróleo y gas basado en la metodología DMAIC. A través de su aplicación, fue posible eliminar los problemas de mezcla de lotes y la pérdida de trazabilidad que generaba la inactividad del proceso y la baja productividad. Las acciones propuestas permitieron estandarizar la forma de almacenar los guantes en el stock intermedio y reducir el tiempo de movimiento de material. Los resultados fueron el aumento de la productividad de la empresa, que alcanzó valores 5,27% por encima de la meta de producción definida en 2022.



1 INTRODUÇÃO

Em um mercado altamente dinâmico, as organizações encontram-se inseridas em um ambiente de grande competitividade (Ferrão, 2014). Dessa forma, as organizações buscam o aperfeiçoamento constante de seus processos com o objetivo de deixá-los mais enxutos e eficientes, aumentando sua produtividade para poderem aumentar seus ganhos, satisfazendo as necessidades de seus clientes e mantendo sua competitividade no mercado.

A gestão de estoques proporciona às organizações um nível adequado de estoque que sustentam o nível de atividades da empresa, garantindo maior disponibilidade de produto ao menor custo. Níveis elevados de estoques podem gerar altos custos e redução da lucratividade, da mesma forma que baixos níveis podem gerar perdas econômicas (Fernandes, 2007). Dessa forma, compreende-se que tanto o excesso quanto a falta de estoque são prejudiciais para a empresa. Isso demonstra a importância de dimensionar os estoques de forma adequada, de modo a atender às suas necessidades, proporcionando ganhos produtivos e tornando a organização mais competitiva.

A gestão de estoques intermediários assume uma função importante dentro do processo de transformação em um produto final dentro das empresas. Segundo Soares e Tavares (2018), o estoque intermediário realiza a compensação das disparidades na velocidade das operações sucessivas no processo de produção, assim como as diferenças de produtos produzidos em cada operação.

Diante desse contexto, o presente estudo de caso foi realizado em uma empresa siderúrgica de grande porte onde seu principal produto são tubos de aço sem costura destinado para o setor de óleo e gás. O trabalho apresentado teve enfoque para o setor interno da empresa denominado como Fábrica de Luvas, responsável pela produção de luvas roscadas que fazem a conexão entre os tubos. Seu objetivo é tratar as falhas no gerenciamento do estoque intermediário da fábrica que geram vários problemas como mistura de materiais, perda de rastreabilidade e ociosidade aos processos. Tais problemas proporcionavam baixa produtividade, atrasos nas entregas, erros de qualidade e insatisfação dos clientes, trazendo reflexos negativos na imagem da empresa.

Dessa forma, o trabalho visa à reestruturação do estoque intermediário do processo de produção de luvas rosqueadas para o setor de óleo e gás através da implementação da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), justificando o estudo pela sua eficiência para a maximização da produtividade do processo de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico aborda inicialmente os processos de fabricação, posteriormente, menciona os processos de usinagem, bem como as operações de torneamento e rosqueamento para entender as principais etapas que perpassam a produção de luvas. Em sequência, faz referência aos arranjos físicos e aos estoques com o objetivo de conhecer a estrutura dos processos existentes na fábrica e, por fim, aborda a metodologia DMAIC para o conhecimento do método aplicado no estudo de caso.



2.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

O processo de fabricação de produtos metálicos visa dar forma ao produto através de transformações físicas e/ou químicas, que irão atribuir um conjunto de características ou propriedades importantes, gerando uma peça ou produto final com maior valor agregado (Groover, 2014).

Para Kiminami, Castro e Oliveira (2013), os processos de fabricação ainda garantem um conjunto de propriedades do tipo mecânica, não mecânica, superficial ou estética que atendam às necessidades na aplicação do produto. Machado et al (2015) afirmam que os processos de fabricação são diversos e variam de acordo com o tipo de produto a ser confeccionado e propriedades necessárias em sua aplicação. Dentre os principais processos estão: usinagem; soldagem, fundição; metalurgia do pó; e conformação mecânica.

De acordo com esses autores, a conformação mecânica é um processo dos mais amplos, podendo ser aplicado em diversos segmentos de produtos. Tal processo consiste na aplicação de esforços mecânicos que deformam a matéria-prima, tomando a forma determinada pela geometria da matriz, resultando em alterações permanentes conhecidas como deformação plástica. Groover (2014) afirma que os processos de conformação mais usuais são: laminação; forjamento; extrusão e trefilação de arames; e barras.

Para a fabricação de luvas de aço, são necessários dois processos de fabricação: laminação e usinagem, no qual serão abordados no próximo tópico. No processo de usinagem, a luva passa pela operação de torneamento e posteriormente de rosqueamento.

2.1.1 PROCESSO DE LAMINAÇÃO

A laminação consiste no processo de conformação onde o material é submetido às altas tensões compressivas, resultante da ação direta de dois rolos giratórios que o comprimem, com a finalidade de deformar plasticamente o material de forma a diminuir a espessura e aumentar o comprimento (Kiminami, Castro, & Oliveira, 2013). Groover (2014) afirma que a vantagem do processo de laminação está na sua alta produtividade e grande precisão no controle dimensional do produto acabado, o que justifica ser um dos processos mais utilizados na transformação de metais.

O processo de laminação, em sua maioria, se inicia por meio de trabalho a quente em virtude do tamanho do material a ser deformado, posteriormente o processo pode ser realizado em temperatura ambiente para melhor controle de espessura do material, resultando em um produto semiacabado utilizado como matéria-prima para outros processos de fabricação (Lira, 2017). Para a laminação de tubos sem costura, o processo consiste no trabalho a quente por meio da passagem de um mandril no centro da barra de aço, garantindo o tamanho e acabamento do furo gerado, resultando na produção de tubos sem costura com paredes grossas (Groover, 2014).

Portanto, a maioria dos produtos originados pela manufatura requer a passagem por processos de fabricação, o que demonstra sua importância para o desenvolvimento de novos produtos (Kiminami, Castro, & Oliveira, 2013).



2.1.2 PROCESSO DE USINAGEM

Entende-se por usinagem o processo onde uma ferramenta de corte é utilizada para remover excesso de material de um sólido até que o material resultante tenha a forma da peça desejada (Groover, 2014). Já Ferraresi (1990) complementa definindo as operações de usinagem como atividades que conferem forma, dimensão ou acabamento à peça, ou ainda uma combinação desses, através da remoção de material na forma de cavaco.

Para Kiminami, Castro e Oliveira (2013), na usinagem existem atividades que há retirada de cavacos como processos de corte (torneamento, furação, fresamento) e processos abrasivos (retificação, usinagem ultrassônica). Há ainda atividades que não formam cavacos como processos avançados de usinagem, essas usam combinações de fontes de energia como elétrica, química, térmica e hidrodinâmica (eletroerosão, feixe de elétrons, usinagem eletroquímica, corte com jato d'água).

Nos processos de corte, Machado et al (2015) afirmam que existem variáveis independentes envolvidas que podem ser controladas e que influenciam no produto gerado, sendo elas: tipo de ferramenta de corte; material a ser usinado; tipo de fluido; além da força requerida; velocidade de corte; temperatura envolvida; e desgaste da ferramenta de corte.

Para Kiminami, Castro e Oliveira (2013) a usinagem é um dos mais importantes processos de manufatura, que pode ser aplicado em uma grande variedade de materiais a fim de produzir qualquer geometria regular. Esse processo também pode ser empregado para complementar outras técnicas de fabricação, uma vez que permite um acabamento fino do material processado.

2.1.3 TORNEAMENTO

O torneamento é um processo mecânico de usinagem em que o material gira em torno do eixo principal de rotação da máquina com o objetivo de obter superfícies de revolução com o auxílio de ferramentas, mono ou multi cortante que se deslocam simultaneamente seguindo uma trajetória coplanar com o eixo de referência (Agostinho, Castro, & Tonini, 2004). Para Stoeterau (2003) a operação de usinagem por torneamento é utilizada quando se pretende remover material em um metal. Nesse caso, o metal a ser processado é travado na placa do torno que irá rotacionar enquanto a ferramenta de corte será fixada em um porta-ferramenta que produz um movimento linear.

Kiminami, Castro e Oliveira (2013) afirmam que o processo de torneamento é uma operação muito utilizada pela indústria mecânica devido à sua possibilidade de conseguir um grande número de formas. Porém, o autor ainda ressalta sua limitação de aplicação em apenas peças cilíndricas e cônicas. Os processos de torneamento são realizados em máquinas denominadas tornos. Segundo Barbosa (2017), existem diversos tipos de tornos na indústria de manufatura, sendo os principais: tornos horizontais; tornos de placa; tornos verticais; e tornos CNC (Comando Numérico Computadorizado). Em todos os modelos de tornos existentes são realizados ajustes de velocidade de rotação, avanço e profundidade de corte durante o processamento a fim de garantir a geometria da peça especificada. Neves (2017) relata que



cada modelo tem vantagens específicas, dessa forma, o torno mais adequado para cada processo varia de acordo com as características do material a ser torneado.

2.1.4 ROSQUEAMENTO

O rosqueamento é um processo mecânico de usinagem destinada à obtenção de filetes com perfis roscados, por meio da abertura de um ou mais sulcos helicoidais de passo uniforme, em superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução. Podem ser produzidas roscas internas e roscas externas (Ferraresi, 1990).

As roscas estão presentes em numerosos elementos de máquina na indústria metal/mecânica. Segundo Lauro et al. (2010), os componentes mecânicos podem ser unidos por meio de fixação permanente, através da soldagem ou por fixação removível, com a utilização de parafusos. Devido à facilidade para substituição e reparo, o uso de parafusos tem sido intensificado e por consequência, o processo de rosqueamento.

Para Lauro et al. (2010) o processo de rosqueamento envolve movimentos de avanço e de rotação entre a ferramenta e a peça, onde uma delas gira enquanto a outra se desloca simultaneamente, seguindo uma trajetória retilínea paralela ou inclinada em relação ao eixo de rotação, ou ainda, apenas uma delas executa os dois movimentos, ou seja, gira e avança enquanto a outra fica parada.

Para Dogra et al. (2002) o processo de rosqueamento é largamente utilizado e deve-se ter atenção aos parâmetros da ferramenta e da usinagem com o propósito de evitar falhas como quebra ou desgaste antecipado da ferramenta, causando danos à peça, além de prejuízos pela troca da ferramenta. Ferraresi (1990) ainda afirma que o processo de rosqueamento utiliza ferramentas muito específicas, tornando-o mais complexo, ao contrário de processos como torneamento que oferece um grande número de opções de geometria da ferramenta.

2.2 ARRANJO FÍSICO

O arranjo físico ou *layout* pode ser definido como o estudo do posicionamento dos recursos produtivos, homens, máquinas e materiais, cujo objetivo é aumentar a eficiência do sistema de produção através da interface homem-máquina (Jones & George, 2008). Banzato (2001) define *layout* como a forma de arranjar ou rearranjar máquinas ou equipamentos até se obter a disposição mais agradável e produtiva.

O planejamento de um arranjo físico adequado possibilita que todas as atividades se integrem de forma coerente em uma sequência lógica, melhorando a qualidade do produto, reduzindo desperdícios e a otimização do tempo (Martins & Laugeni, 2005). Oliveira (2011), por sua vez, menciona que o planejamento de um arranjo físico é uma atividade complexa sendo que um *layout* errado pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, causando ineficiência de operação, gargalos, movimentações excessivas de materiais e operários e ociosidade dos equipamentos.

Para a elaboração de um *layout* é necessário identificar as características do produto a ser produzido, identificar o sequenciamento dos setores responsáveis por alterar o produto e mensurar a área disponível (Martins & Laugeni, 2005). Esses levantamentos possibilitam que



os espaços sejam distribuídos de forma eficaz, gerando clareza no fluxo, segurança e conforto para os funcionários (Nunes & Silva, 2015).

Outro aspecto relevante ao elaborar um projeto de *layout*, apontado por Slack et al. (2009), relaciona-se ao tipo de *layout* a ser empregado. Dentre os principais tipos de arranjo físico destacam-se:

- Arranjo físico funcional ou por processo: adota o agrupamento de operações e processos em função da sua similaridade sendo que o produto é levado até o centro de operação. O *layout* apresenta-se flexível, adequado para produções diversificadas, em pequenas e médias quantidades.
- Arranjo físico posicional ou por posição fixa: o produto a ser trabalhado permanece fixo enquanto os trabalhadores e ferramentas movimentam-se em seu entorno. Recomendado para processos com pequena variedade de produtos produzidos em pequenas quantidades.
- Arranjo físico linear ou por produto: alocação das máquinas e estações de trabalho conforme a sequência de operações pré-estabelecidas. É o arranjo mais adequado em operações com produções constantes e em grandes volumes de produtos que percorrem uma sequência muito similar.
- Arranjo físico celular: o material em processo é direcionado para operação as quais detém todos os processos, ferramentas e maquinários necessários para fabricar o produto inteiro. Esse arranjo tem como característica reduzir os estoques e o transporte de material.
- Arranjo misto ou combinado: diferentes tipos, ou até mesmo todos os tipos de arranjos podem ser combinados com o objetivo de aproveitar as vantagens de cada *layout* em um determinado processo, sempre respeitando as limitações do espaço e as particularidades do produto.

A reestruturação de *layout* consiste em identificar o melhor posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e postos de trabalho, garantindo um fluxo contínuo da produção, redução do tempo de execução, resultando no aumento da eficiência e produtividade (Costa, 2004).

Segundo Martins e Laugeni (2005), o Planejamento Sistemático de Layout (PSL) é um método que analisa a relação de importância entre as atividades, considerando suas afinidades e limitações, dessa forma, é uma ferramenta que auxilia na estruturação de *layout*. Costa (2004) afirma que o PSL tem uma estrutura de etapas com uma série de convenções para avaliação, identificação e visualização dos elementos envolvidos no processo. Dessa forma, o método visa conjugar as disposições dos equipamentos e instalações, de forma a maximizar os rendimentos através da redução de movimentações de materiais e pessoas (Oliveira, 2011).

2.3 ESTOQUES

Slack et al. (2009) define estoque como o acúmulo de produtos com a finalidade de proporcionar a independência entre os processos, mantendo o equilíbrio entre oferta e demanda e a proteção contra incertezas. Para Ballou (2007) o estoque garante maior disponibilidade para o processo de produção e pode reduzir custos. Para isso, o autor destaca



a importância da gestão de estoque para o planejamento, coordenação e controle de todo o material estocado.

A separação funcional do inventário varia de acordo com o modelo de gestão e controle de cada organização (Thome, 2018). A principal divisão para as indústrias de manufatura se classifica em 3 tipos de estoques, sendo eles:

- Estoque de matéria-prima: armazena o produto base para o processo produtivo. É o estoque mais oneroso, já que sua falta pode levar à parada de toda linha de processo. Por outro lado, é um dos tipos de estoque mais baratos de se manter, uma vez que matéria-prima é mais barata que o produto acabado.
- Estoque de produto acabado: armazena produtos acabados já em sua forma final. Devido ao seu maior valor agregado, é o mais caro de se manter.
- Estoque intermediário: armazena o material que ao longo do processo é transformado em produto final. Esse tipo de estoque é colocado em pontos estratégicos para equilibrar processos com diferentes *leads times* evitando paradas ou ociosidade na linha de produção.

Para Fernandes (2007), os altos níveis de estoques podem gerar altos custos operacionais e redução da lucratividade, em razão do tempo de armazenagem mais longo, imobilização de capital de giro e deterioração. Além disso, o autor ainda afirma que os baixos níveis podem gerar perdas econômicas, paradas na linha de produção ou alteração no planejamento de produção. Dessa forma, Wanke (2011) menciona que tanto o excesso, quanto à falta de estoque podem trazer prejuízos para a indústria, sendo necessário definir estratégias que gerem ganhos produtivos e proporcione a redução de custos tornando a organização mais competitiva.

Ainda segundo Wanke (2011), a gestão de estoque é considerada como a principal estratégia para o controle de materiais e redução dos custos. “O objetivo da gestão de estoque é proporcionar um nível adequado de estoque, que seja capaz de sustentar o nível de atividades da empresa ao menor custo” (Matias, 2007). Ortolani (2002) complementa afirmando que a gestão de estoques possibilita um melhor dimensionamento, manuseio e controle dos estoques, gerando reflexos diretos e significativos no desempenho operacional e na área financeira da empresa.

2.4 DMAIC

O modelo DMAIC surgiu como um aperfeiçoamento do ciclo PDCA - *Plan, Do, Check, Action* (Planejar, Fazer, Verificar e Agir), sendo muito aplicado em processos de fabricação com o objetivo reduzir variações (Mast & Lokerbool, 2012).

A aplicação da metodologia DMAIC permite encontrar soluções sustentáveis para problemas identificados nas organizações, a partir de um conjunto de ferramentas que contribuem para minimizar ou eliminar as causas do problema, tornando seus processos mais eficientes e a organização mais competitiva (Shankar, 2009).

Reis (2003) afirma que a metodologia DMAIC possibilita o direcionamento em projetos de melhoria, permitindo o aumento da produtividade, redução dos custos, melhoria em



processos, entre outras vantagens. Esse método é composto por 5 etapas que dão origem ao nome do modelo: Definir (*Define*); Medir (*Mensure*); Analisar (*Analyze*); Melhorar (*Improve*); Controlar (*Control*).

A primeira etapa, a fase Definir, tem como objetivo descrever o problema através da avaliação de seu histórico, abordando os principais pontos e apresentando as possíveis restrições e suposições (Werkema, 2016). Escobar (2012) defende que nessa etapa há também a formação da equipe de trabalho, definição das metas e a criação do cronograma. Koning e Mast (2006) comentaram que nessa etapa é necessário realizar o mapeamento do processo, pois ele permite identificar o problema de forma mais clara, assim como determinar e priorizar requisitos importantes.

Para o mapeamento do processo e delimitação do projeto, utiliza-se o diagrama SIPOC, acrônimo para Fornecedores (*Suppliers*), Entrada (*Inputs*), Processos (*Process*), Saídas (*Outputs*) e Clientes (*Clients*). O diagrama SIPOC possibilita um mapeamento de processo capaz de tratar as entradas com um alto nível de detalhamento permitindo identificar a expectativa do cliente, assim como a justificativa da existência do processo e o que acontece em cada etapa (Rasmusson, 2006).

Na segunda etapa, a fase Medir, tem como objetivo determinar a localização do problema e avaliar seu impacto, para isso se torna essencial à coleta de dados que auxiliam na identificação das causas do problema (Carpinetti, 2016). Santos e Martins (2010) acrescenta que essa fase consiste em avaliar o sistema de medição que é formado pelo conjunto de procedimentos, operações, instrumentos de medição, *softwares*, além das pessoas envolvidas com o intuito de analisar a capacidade atual do processo. Para Pyzdek e Keller (2011) a análise do sistema de medição é essencial para identificar se todo o conjunto do processo é capaz de gerar respostas precisas e confiáveis para a tomada de decisões. Wekerma (2016) complementa com outras ferramentas que auxiliam no foco do problema como Estratificação, Carta de controle, Histograma, Folha de verificação e Índice de capacidade.

A terceira etapa da metodologia DMAIC, a fase Analisar, tem como objetivo analisar o processo gerador de problema prioritário, identificando as causas potenciais (Holanda, Souza, & Francisco, 2003). Santos (2007) acrescenta que nessa etapa, além de determinar as causas raízes, também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planejado. Dessa forma, as ferramentas como Fluxograma, Mapa de Processo, Mapa de Produto, Diagrama de Causa e Efeito, *Brainstorming* são essenciais nessa fase.

Para identificar as causas raízes, o Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta que permite simplificar processos complexos em processos mais simples por meio de uma metodologia gráfica simples e de fácil utilização, composta por uma estrutura semelhante ao formato de espinha de peixe no qual o problema proposto é classificado em diferentes tipos de causas (Tubino, 2000). Campos (2013) afirma que a ferramenta contribui para a identificação de problemas no processo que podem gerar possíveis gargalos, pois o diagrama possibilita analisar os desvios diante de seis causas, denominadas 6M's, sendo elas: Método; Matéria-



prima; Mão de obra; Máquinas; Medida; e Meio Ambiente. Cintra (2015) complementa que o diagrama permite relacionar as causas potenciais com o desvio analisado, uma vez que para cada problema (resultado) gerado, há um conjunto de causas (meios) que podem ter influência. Dessa forma, é possível implementar tratativas mais assertivas de forma mais rápida, tornando o processo de resolução de problemas mais eficiente e eficaz (Ishikawa, 1993).

Na quarta etapa do método DMAIC, a fase Melhorar, tem como objetivo determinar a forma de intervenção para eliminar as causas raízes ou reduzir os impactos causados pelo problema, com o objetivo de garantir a melhoria do processo (Werkema, 2016). Segundo Santos (2007), a garantia de melhoria do processo está relacionada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas. Pyzdek e Keller (2011) ressaltam que nessa fase é importante a avaliação dos riscos e potenciais modos de falha e acrescentam a necessidade de ajustes ao processo na implementação das soluções que proporcione o aumento do desempenho das características críticas para a eficiência do processo. Wekerma (2016) cita *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz de Priorização e 5W1H como as principais ferramentas utilizadas nessa etapa.

Na última etapa da metodologia DMAIC, a fase Controlar, consiste em avaliar os resultados alcançados após a implementação das melhorias. Em caso satisfatório, a próxima ação é padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas e transmitir os novos padrões a todos os envolvidos no processo. Na sequência, define e implementa um plano de ação para monitoramento do desempenho do processo e do alcance da meta (Werkema, 2016). Segundo Santos (2007), ferramentas como Gráfico de Pareto, Carta de Controle, Análise de Capacidade permitem identificar o atingimento da meta ao longo do tempo.

Dessa forma, a metodologia DMAIC é um método ordenado de solução de problemas onde as etapas são constituídas por métodos e ferramentas, que possibilitam resultados confiáveis e um controle da qualidade dos processos (Werkema, 2016).

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de reestruturar o estoque intermediário inserido no processo de fabricação de luvas, o estudo a ser apresentado classifica-se como uma pesquisa aplicada, de caráter descritivo, tendo em vista a abordagem qualitativa e quantitativa. Essa pesquisa ainda se classifica como um estudo de caso.

Segundo Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa aplicada caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade. Para Cervo e Bervian (2007) o estudo descritivo tem como objetivo a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador.

Para Fonseca (2002) pesquisa quantitativa tem como objetivo quantificar um problema e entender a sua dimensão. A pesquisa quantitativa pode ser derivada de uma hipótese que



será testada. Os cálculos estatísticos resultarão em um valor que, dada a interpretação do pesquisador, pode validar ou não a hipótese de pesquisa (Gerhardt & Silveira, 2009). Já a pesquisa qualitativa se relaciona com o nível de realidade que não pode ser quantificado, logo, ela valoriza o universo de significados, de motivações, aspirações, crenças, valores e atitudes (Minayo, 2014).

Segundo Yin (2005), o estudo de caso trata-se de uma análise experimental de um caso em seu cenário real. Para ele, esse método é o mais escolhido quando é preciso responder a questões do tipo “como” e “por que” e quando o pesquisador possui pouco controle sobre os eventos pesquisados. Duarte (2006) relata que o estudo de caso reúne, tanto quanto possível, informações numerosas e detalhadas para apreender a totalidade de uma situação.

O estudo de caso a ser apresentado neste trabalho foi aplicado em um setor de tubos petrolíferos rosqueados, ou tubos OCTG (Tubos e acessórios para Óleo - *Oil Country Tubular Good*), e adotou como essência a metodologia DMAIC para a solução do problema.

Para a realização deste trabalho foram coletados dados históricos via sistema SAP (*System Analysis Program*) no período de 2020 e 2021. A execução da metodologia DMAIC e o acompanhamento das tratativas foram realizadas até outubro de 2022.

4. ESTUDO DE CASO

O trabalho foi desenvolvido em um setor de fabricação de luvas rosqueadas que são utilizadas para o acoplamento entre os tubos petrolíferos, cujo produto é fabricado pela empresa. Os tubos e luvas roscados fabricados seguem os requisitos da norma internacional API (*American Petroleum Institute*) e podem ser aplicados na exploração de petróleo, tanto em terra firme (*onshore*) quanto em alto mar (*offshore*). Logo, os produtos produzidos pela empresa em estudo têm por finalidade o atendimento das demandas do mercado de óleo e gás.

A baixa produtividade na produção do setor nos anos de 2020 e 2021 acarretou em atrasos no planejamento e na entrega dos produtos aos clientes, ocasionando altos gastos com multas e quebra de contratos. Observou-se que um dos principais gargalos para o processo de produção se concentrava no estoque intermediário da fábrica.

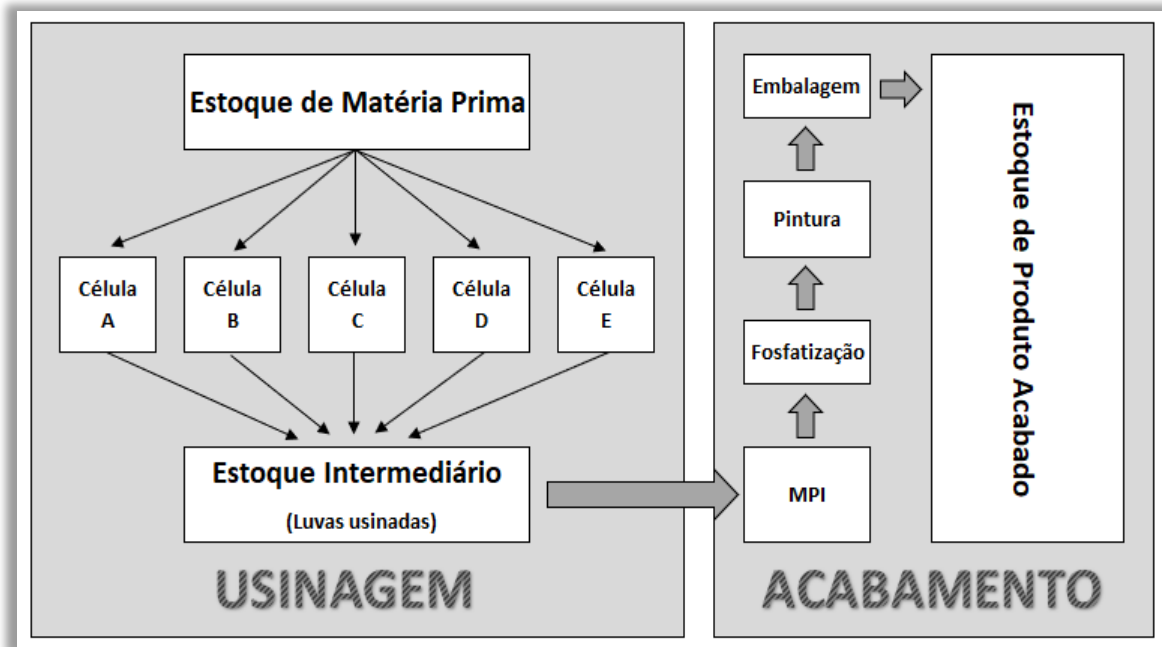
O estoque intermediário do processo de produção de luvas de aço, conhecido internamente como *Pull Flow*, foi considerado como um dos principais gargalos da fábrica devido às recorrentes misturas de materiais, desaparecimento de luvas, perda de rastreabilidade e bloqueio de material. Tais desvios citados acima eram consequência de uma padronização ineficiente e excesso de movimentações e, demandavam tempo para serem resolvidos, trazendo ociosidade aos processos. Essa ociosidade impactou diretamente nos baixos níveis de produtividade da fábrica, representando uma perda de 18,7% em 2020 e 14,6% em 2021. Dessa forma, se fez necessário à reestruturação dessa área com o objetivo de obter uma melhora nos índices de produtividade.

O processo de fabricação das luvas é iniciado na laminação, com a confecção de tubos específicos para a produção das luvas, em seguida, os tubos são transportados para a Fábrica de Luvas e são armazenados no Estoque de Matéria-Prima. A Fábrica de Luvas divide o



processo de produção em duas áreas: usinagem, que visa dar forma à luva por meio de processos de usinagem e a área de acabamento que tem como objetivo proteger a luva contra as adversidades climáticas e prepará-las para o envio ao cliente. A Figura 1 apresenta uma ilustração das etapas de fabricação das luvas.

Figura 1. Etapas do processo de fabricação das luvas.



Fonte: Autores (2023).

O estoque de matéria-prima se refere aos tubos laminados. Logo em seguida, os tubos são encaminhados para a área de rosqueamento. Essa área é composta por cinco agrupamentos de equipamentos organizados em um *layout* do tipo celular (célula A a E). Cada célula possui todos os equipamentos necessários para cortar os segmentos de tubos, realizar o processo de torneamento, posteriormente o rosqueamento e por fim a inspeção das luvas rosqueadas, garantindo o controle da qualidade. Logo, o setor tem a capacidade de produzir até cinco diferentes tipos de luvas ao mesmo tempo.

A área de usinagem ainda conta com o estoque intermediário da fábrica, onde as luvas usinadas produzidas nas células são armazenadas para posteriormente passarem pelo processo de acabamento. O estoque intermediário tem o objetivo de controlar as disparidades de *lead times* entre as áreas da fábrica uma vez que a área de usinagem tem o fluxo mais lento, sendo necessário uma produção diária contínua, inclusive Domingos e feriados, enquanto a área de acabamento é capaz de suprir a demanda sem a necessidade de produção em dias específicos. Logo o estoque intermediário é considerado uma área estratégica dentro da fábrica para o aumento da produtividade.

O processo de acabamento é composto por um conjunto de equipamentos que trabalham de forma contínua sem interrupções durante o processo, cujo *layout* é configurado como um arranjo físico por produto ou linha. A linha de acabamento possui uma entrada e uma saída,



permitindo apenas a configuração de um tipo de produto associado a um pedido, ou seja, produção por lotes. A linha de acabamento é composta pelos seguintes processos:

- MPI (Inspeção por Partícula Magnética - *Magnetic Particle Inspection*): Processo onde as luvas usinadas passam por um ensaio não destrutivo de partículas magnéticas com o objetivo de identificar possíveis descontinuidades superficiais.
- Fosfatização: Consiste no tratamento superficial da região usinada através da aplicação de fosfato de manganês, melhorando a proteção contra oxidação e corrosão e garantindo melhor desempenho de acoplamento da conexão.
- Pintura: Aplicação de tinta na parte externa da luva. As cores utilizadas na pintura das luvas são padronizadas e variam de acordo com o grau de dureza do aço da luva e requisitos do cliente.
- Embalagem: As luvas são armazenadas em paletes e envolvidas por um plástico filme PVC para protegê-las contra a umidade.

Após o processo de embalagem as luvas são armazenadas no estoque de produto acabado aguardando ordem de carregamento para serem enviadas para o cliente e finalizar o processo de faturamento.

5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a implementação da metodologia DMAIC, foi criada uma equipe multidisciplinar da OCTG composta pelos profissionais: operadores do processo; engenheiros; facilitadores de produção; e técnicos de processos. Todos os colaboradores tinham o propósito de reestruturar a área destinada ao estoque intermediário para tratar as falhas recorrentes como mistura de materiais, desaparecimento de luvas, perda de rastreabilidade que causavam ociosidade aos processos, baixa produtividade, erros de qualidade e, conseqüentemente, a incapacidade de atingir as metas de produção pretendida, refletindo em atrasos na entrega dos produtos aos clientes.

Na primeira etapa do fluxo metodológico iniciou-se o levantamento das informações relacionadas ao estoque intermediário, com objetivo de mapear todo o processo de estocagem de luvas rosqueadas e as dificuldades encontradas pelos operadores. Para isso, foram levantados os procedimentos operacionais para o armazenamento das luvas dentro do estoque e o histórico de imagens das câmeras de segurança internas da fábrica para avaliar o cumprimento dos padrões estabelecidos pelos operadores.

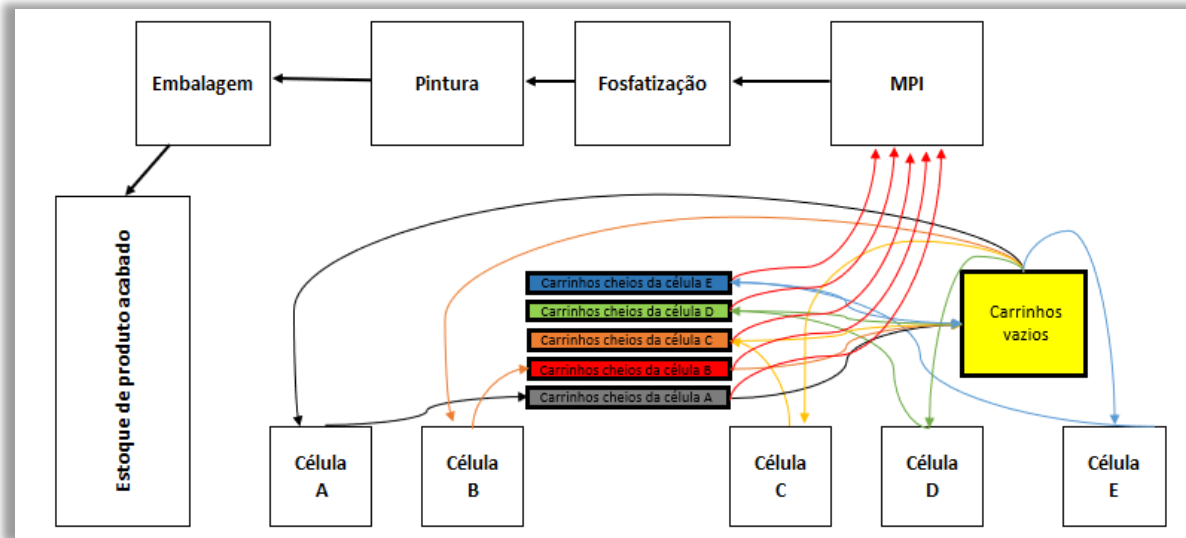
As luvas rosqueadas finalizadas do processo de usinagem são colocadas em carrinhos específicos. A quantidade de luvas armazenadas por carrinho varia de acordo com o diâmetro da luva. Para os diâmetros de 13 3/8", 9 5/8" e 7", são alocadas 6, 7, 15 peças respectivamente em cada carrinho.

O estoque intermediário fica localizado na área central da fábrica onde os carrinhos são colocados em fila de acordo com a célula de origem. Há cinco filas na área central e, cada fila contém 5 posições de carrinhos que fazem referência às peças produzidas de uma célula. Ao completar a capacidade de luvas no carrinho, o operador responsável pela célula empurra o



carrinho até o estoque intermediário, busca um novo carrinho vazio armazenado nos fundos da fábrica e retorna para o posto de trabalho. Para o início do próximo processo, o operador do MPI busca os carrinhos cheios no estoque e descarrega as luvas na esteira da máquina de ensaios. A Figura 2 apresenta o mapeamento da fábrica onde as setas fazem referência às movimentações realizadas pelos operadores ao transitar com o material entre os processos.

Figura 2. Mapeamento do estoque intermediário.



Fonte: Autores (2023).

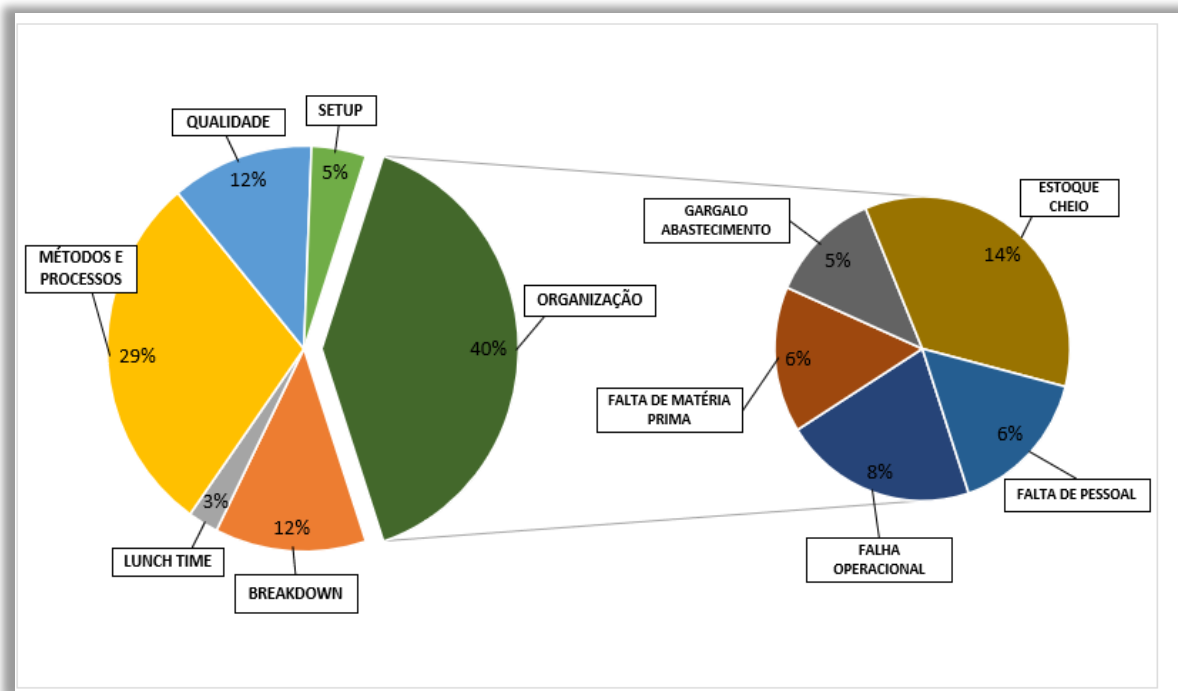
Após a avaliação do processo foi observado que o operador gasta um tempo médio de 135 segundos para o ato de levar o carrinho cheio da célula até o estoque e trazer um novo carrinho vazio até o posto de trabalho. Outro fator é que o estoque cheio provoca mistura de luvas, atraso na produção e ociosidade nos processos seguintes e nas próprias células de trabalho.

Na segunda etapa da metodologia DMAIC foram analisados os impactos causados pelo estoque intermediário na produtividade da fábrica no ano de 2021. Para isso, foram coletados os dados de paradas de produção no processo de usinagem via sistema SAP (*System Analysis Program*), conforme estratificado pela Figura 3. Os motivos das paradas na produção que são classificadas como:

- *Breakdown*: Intervenções por problemas mecânicos, elétricos ou hidráulicos;
- *Lunch time*: Paradas para refeições;
- Métodos e Processos: Intervenções para ajustes nas máquinas que influenciam no processo de usinagem, como troca de ferramental, ferramentas de corte e ajustes no programa CNC;
- Qualidade: Paradas relacionadas ao controle de qualidade;
- *Setup*: Intervenções para a troca de produto a ser produzido;
- Organização: Paradas relacionadas às falhas na organização do processo e de recursos.



Figura 3. Paradas no processo de fabricação de luvas em 2021.



Fonte: Autores (2023).

Na análise da Figura 3, nota-se que o maior impacto na produtividade da fábrica tem origem em falhas na organização, representando cerca de 40% do total de paradas no processo. É possível perceber em uma análise estratificada da composição das paradas por organização, que o estoque cheio tem grande relevância, representando 14% do total. É de conhecimento que a meta estabelecida é de 8% em relação às paradas na fábrica por estoque cheio. Sabendo disso, a porcentagem por estoque cheio está acima da meta estabelecida. Ainda nessa etapa foram avaliadas as imagens coletadas pelas câmeras de segurança internas e foi evidenciado que os operadores não seguiam os padrões estabelecidos. Isso influenciou para o levantamento das dificuldades no cumprimento dos padrões entre os operadores.

Na terceira etapa da metodologia DMAIC, a equipe realizou a análise das causas raiz que influenciam na ocorrência de estoque cheio da fábrica. Todos os dados foram levantados por meio GEMBA, termo conhecido como um dos princípios da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), analisados e discutidos através da técnica de *Brainstorming* onde foram identificadas as possíveis causas, sendo as principais:

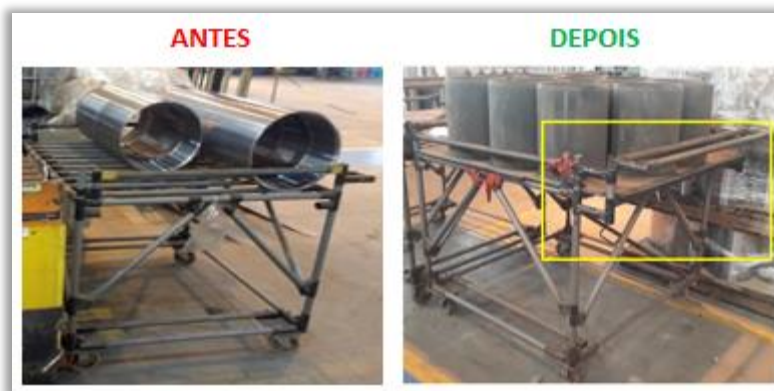
- Frequentes mudanças no planejamento de produção (cronograma);
- Carrinhos danificados fora de uso;
- Número de carrinhos insuficiente para a realidade;
- Excesso de movimentações;
- Número de posições por célula no estoque não atende a realidade;
- Baixa produtividade no MPI em luvas de menor diâmetro;
- Lotes diferentes armazenados no mesmo carrinho.



Em sequência a Metodologia DMAIC, na fase de Implementação, foram levantadas as ações a serem tomadas para a tratativa das causas levantadas na etapa anterior. As primeiras ações prioritizadas foram a compra de peças para a montagem de novos carrinhos e a manutenção dos antigos danificados que estavam impróprios para o uso. Tais ações tiveram como objetivo alinhar a quantidade de carrinhos em relação ao planejamento de produção previsto na fábrica, além de evitar a mistura de lotes em um único carrinho.

As luvas eram posicionadas dentro do carrinho de forma horizontal, pois ocupam mais espaço devido ao comprimento da luva e ainda trazia riscos à segurança do operador por não haver nenhum apoio para as luvas não rolaem. A ação implementada padroniza o posicionamento das luvas na vertical e, como acréscimo à ação, os carrinhos foram alongados com o intuito de aumentar sua capacidade, dessa forma suas capacidades passaram para 7, 9, 18 para luvas com diâmetros de 13 3/8", 9 5/8" e 7" respectivamente. As imagens da Figura 4 ilustram o posicionamento anterior das luvas e a atual, juntamente com a adaptação para o alongamento do carrinho representado pelo quadro amarelo na imagem.

Figura 4. Modificações no posicionamento das luvas.



Fonte: Autores (2023).

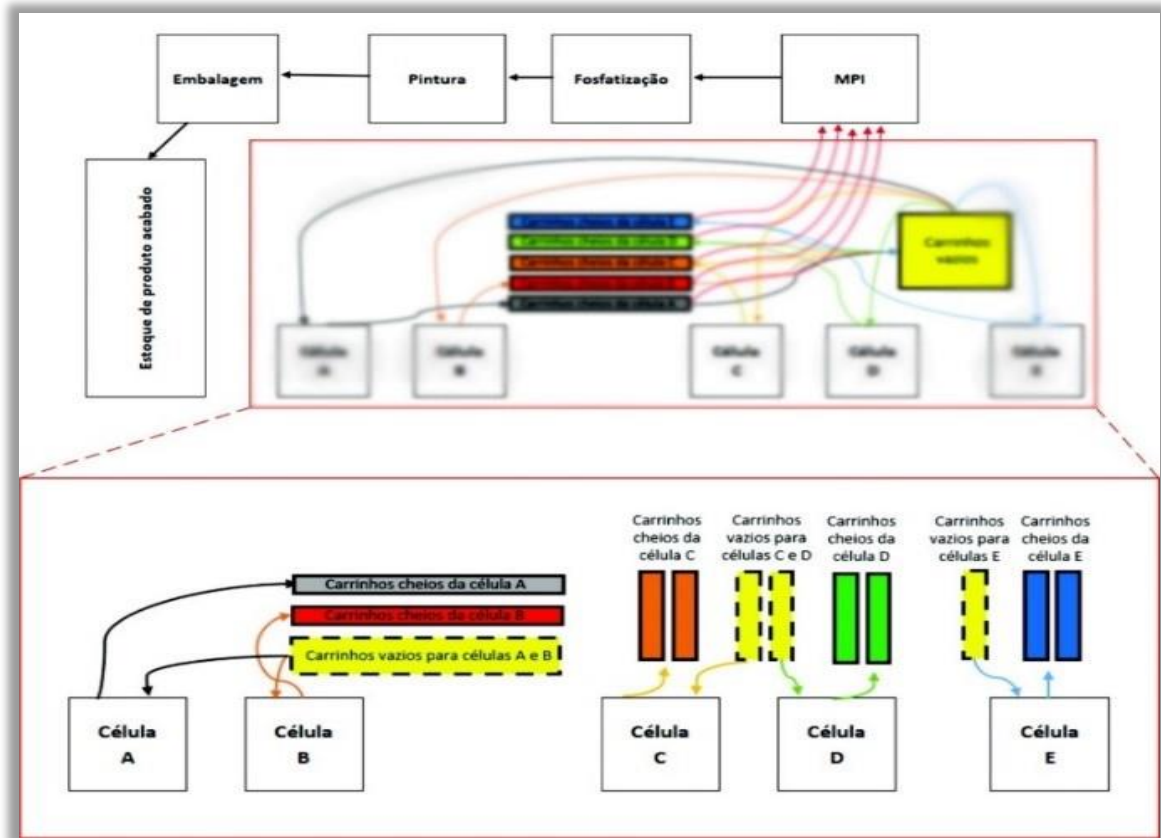
As atividades dos operadores do MPI e da fosfatização foram revisadas. Anteriormente, o operador responsável pelo ensaio não destrutivo tinha como responsabilidade buscar o carrinho com luvas rosqueadas no estoque intermediário, colocá-las na esteira da máquina de ensaios não destrutivos, realizar o ensaio dessas luvas e, depois de concluído, o operador deveria recolhê-las assim que aprovadas no ensaio e posicioná-las em cestos para iniciar o processo de fosfatização das luvas. Dessa forma, havia uma sobrecarga de atividades para o operador do MPI que despendia muito tempo. A ação implementada transferiu a responsabilidade dos processos posteriores ao ensaio não destrutivo para o operador da fosfatização. Assim, as atividades de ambos operadores ficaram equilibradas e o tempo gasto nesse processo mitigado.

Por fim, a Figura 5 apresenta a otimização do espaço destinado ao estoque intermediário da fábrica. A reestruturação do *layout* visou à redução da distância percorrida pelo operador durante o transporte ao estoque e o retorno até a célula. Para isso, as áreas de estoque foram posicionadas mais próximas às células correspondentes. Dessa forma, o estoque de carrinhos cheios das células A e B foram posicionadas em 2 filas paralelas com 6 posições para carrinhos



onde cada uma se refere a uma célula e, ao lado dessa área estão posicionados os carrinhos vazios destinados às essas células. Para as células C, D e E foram destinadas 2 filas com 3 posições para carrinhos cheios em cada célula e, o estoque de carrinhos vazios foram posicionados entre essas filas, mitigando o tempo de movimentação do operador. O layout do estoque intermediário para as células C, D e E foram configurados de forma diferente da célula A e B devido à restrição de espaço físico.

Figura 5. Reestruturação do layout do estoque intermediário.



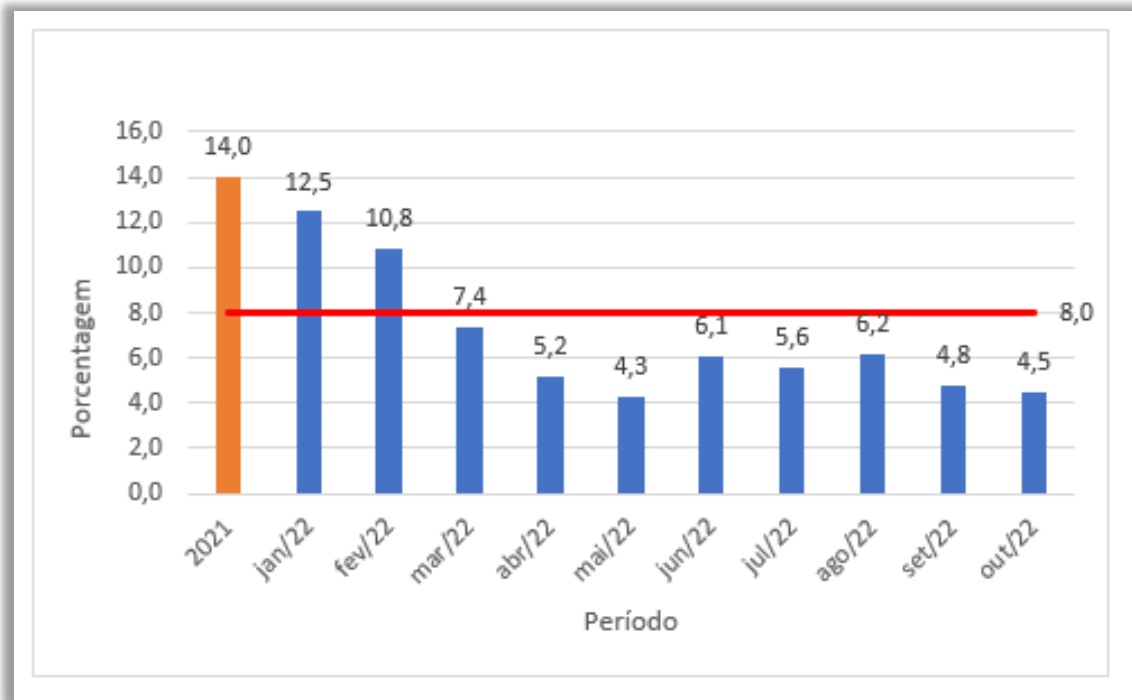
Fonte: Autores (2023).

Para garantir a efetividade das ações propostas, as áreas de armazenamento de cada célula foram identificadas, elaborados padrões e treinamento para equipes/turnos de trabalho da operação, visando definir a padronização do posicionamento dos carrinhos e o fluxo de atividades do processo de produção de luvas rosqueadas.

Em sequência a metodologia DMAIC, na fase de Controle, os dados de paradas na produção e planejamento foram analisados mensalmente por meio de indicadores de parada de processo como indicado na Figura 3, a fim de avaliar os resultados alcançados após a implementação das melhorias. A Figura 6 apresenta a análise do tempo de parada por estoque cheio durante a execução do trabalho, sendo esse de 8 meses de estudo, que foi realizado no período de janeiro a outubro de 2022. Nos 2 primeiros meses por não haver nenhuma melhoria implementada, esses meses não atingiram a meta de 8%. Nos meses seguintes, as ações já haviam sido implementadas e proporcionaram o atingimento da meta, obtendo uma média do período após as intervenções de 5,51% (períodos de março a outubro de 2022).



Figura 6. Paradas por estoque cheio.



Fonte: Autores (2023).

O estudo possibilitou o aumento da capacidade de luvas no estoque de forma estratégica com o objetivo de eliminar a necessidade de armazenamento de vários lotes no mesmo carrinho, contribuindo para a solução do problema de mistura de lotes. O aumento do estoque ainda visou atender uma futura demanda da fábrica, visto que há uma tendência de mercado para a produção de luvas com maior diâmetro. Dessa forma, o estudo propôs um aumento de 30% de sua capacidade.

A reestruturação do estoque também impactou positivamente no tempo de deslocamento do operador para levar o carrinho cheio da célula até o estoque e retornar com outro vazio para o posto de trabalho. O tempo médio após as melhorias é de 95 segundos, representando uma redução de 29%.

Por fim, a nova estrutura do estoque intermediário – *Pull Flow* possibilitou o aumento da produtividade da fábrica, o que permitiu produzir 116.395 unidades de luvas até outubro de 2022, sendo um resultado de 5,27% acima da meta de produção, representando 6.134 unidades de luvas além do esperado para o período. Isso refletiu na entrega dos produtos aos clientes dentro dos prazos, a redução da ocorrência de multas e quebra de contratos por atraso. Vale ressaltar que existem outros fatores que também impactam na produtividade como: planejamento; parada de manutenção (*breakdown*); atividades de organização do setor; experiências ou testes não previstos; parada para refeição; logística; e utilidades (água, ar comprimido e energia elétrica).



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados de paradas no processo de produção de luvas roscadas, foi possível identificar que a gestão do estoque intermediária não atendia o processo de forma eficiente, ocasionando diversos problemas que demandavam tempo para serem resolvidos e acarretavam na ociosidade do processo, refletindo diretamente na produtividade.

Com a aplicação da metodologia DMAIC, foi possível a identificação das causas que influenciam nos problemas apresentados e a implementação de melhorias envolvendo: adequação dos carrinhos; revisão das tarefas executadas pelos colaboradores; reestruturação do *layout*; revisão de padrões; e treinamento das partes envolvidas. Os reflexos dessas ações foram consistentes e vistos logo nos primeiros meses após as implementações. Tais ações permitiram reduzir o tempo gasto para a movimentação de material em 29% (de 135 para 95 segundos) e eliminar o problema de mistura de lotes e falha na rastreabilidade, refletindo no aumento dos níveis de produtividade do processo, alcançando resultados de produção equivalentes a 5,27% acima da meta determinada até outubro de 2022.

Como proposta de estudos futuros, visando otimizar ainda mais a operação, sugere-se o estudo de viabilidade do investimento em um sistema de transporte de luvas por esteiras, interligando as áreas de usinagem e acabamento de forma autônoma, sem a necessidade do uso de carrinhos e da interferência humana.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, O. L., Castro, R. V., & Tonini, S. B. (2004). *Processos de Fabricação e Planejamento de Processos*; Departamento de Engenharia de Materiais, Campinas.
- Banzato, E. (2001). *Integrando layout com movimentação de materiais*. IMAM Consultoria, São Paulo.
- Barbosa, J. P. (2017). Torno Mecânico. IFES.
- Ballou, R. H. (2007). *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. 1ª ed. São Paulo: Atlas.
- Campos, V. F. (2013). *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia*. INDG Tecnologia e Serviços, Distrito Federal.
- Carpinetti, L. C. R. (2016). *Gestão da Qualidade Conceitos e Técnicas: Ferramentas para o Controle e Melhoria da Qualidade*. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A.
- Cervo, A. L., Bervian, P. A., & Silva, R. (2007). *Metodologia Científica*. 6. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Cintra, A. L. B. (2015). *Utilização da Metodologia 8D para Resolução de Problemas: Estudo de Caso de Fornecedores de uma Multinacional da Linha Branca*. São Carlos.
- Costa, A. J. (2004). *Otimização do Layout de Produção de um Processo de Pintura de Ônibus*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Universidade Federal do RioGrande do Sul (UFRGS), Escola de Engenharia: Programade Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre.
- Dogra, A. P. S., Kapoor, S. G. & Vor, R. E. (2002). Mechanistic model for tapping process with emphasis on process faults and hole geometry. *Journal of Manufacturing, ASME*, 124, 18-25.
- Duarte, J., & Barros, A. (2006). *Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação*. 2.Ed. São Paulo: Atlas.
- Escobar, M. A. R., Lizote, S. A., & Verdinelli, M. A. (2012). Relação entre orientação empreendedora, capacidade de inovação e munificência ambiental em agências de viagens. *Turismo: Visão e Ação*, 14(2): 269-286.
- Fernandes, M. G. F. (2007). *Simulação de Estratégias de Reposição de Estoques em uma Cadeia de Suprimentos com dois Estágios*. Dissertação de Mestrado. USP, SP.
- Ferrão, F. M. D. A. G. (2014). *Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma na Otimização do nível de Stocks: Caso de estudo na Indústria vidreira*. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa.
- Ferraresi, D. (1990). *Fundamentos da usinagem dos metais*. 8. Ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.
- Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, Apostila.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Editora Porto Alegre.
- Groover, Mikell P. (2014). *Introdução ao processo de fabricação*. Mikell P. Groover; tradução Anna Carla Araujo; tradução e revisão técnica André Ribeiro de Oliveira...[et al.]. 1. Ed. - Rio de Janeiro: LTC, 737 p.



- Holanda, L. M. C., Souza, I. D., & Francisco, A. C. (2013). Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 4, 31-44.
- Ishikawa, K. (1993). *Controle de qualidade total à maneira japonesa*. Editora Campus.
- Jones, G. R., & George, J. M. (2008). *Administração Contemporânea*. 4. Ed. São Paulo: McGraw-Hill.
- Kiminami, C. S., Castro W. B., & Oliveira, M. F. (2013). *Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos*. São Paulo: Blucher.
- Koning, H., & Mast, J. (2006). A rational reconstruction of Six-Sigma's breakthrough cookbook. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(7), 766-787.
- Lauro, C.H., Baldo, D., Brandão, L. C., Christoforo, A. L., & Carvalho, A. O. (2010). *Estudo da deformação de filetes de rosca interna produzidas por laminação*. Anais do 1º CONEMAT – Congresso das Engenharias, Arquitetura e Agronomia. Mato Grosso, p. 686-695.
- Lira, V. M. (2017). *Princípios dos processos de fabricação utilizando metais e polímeros*. Resistência Mecânica e temperatura como agentes de transformação: laminação. São Paulo: Edgard Blucher.
- Machado, A. R., Abrão, A. M., Coelho, R. T., & Silva, M. B. (2015). *Teoria da usinagem dos materiais*. 3. Ed. São Paulo: Blucher.
- Matias, A. B. (2007). *Finanças Corporativas de Curto Prazo - a gestão do valor do capital de Giro*. São Paulo: Atlas.
- Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. (2017). *Técnicas de Pesquisa*. 8. Ed. São Paulo: Atlas.
- Martins, P. G. & Laugení, F. P. (2005). *Administração da Produção*. 2. Ed. São Paulo: Saraiva.
- Mast, J. & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal Production Economics*.
- Minayo, M. C. D. S. (2014). *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 14. Ed. Rio de Janeiro: Hucitec.
- Neves, S. (2017). *Curiosidades da área de Mecânica*. Goiás, UFG.
- Nunes, D. R. & Silva, A. L. (2015). *Análise do arranjo físico aplicando o modelo de planejamento sistemático de layout: um estudo de caso numa central de distribuição de uma empresa alimentícia*. Fortaleza: ENEGEP.
- Oliveira, D. P. (2011). *Sistemas, organização e métodos: uma abordagem regencial*. 20. Ed. São Paulo: Atlas.
- Ortolani, L. F. B. (2002). *Logística, gestão de estoques e sistemas de informação: instrumentos imprescindíveis para eficiência nas organizações públicas e privadas*. BateByte.
- Pyzdek, T. & Keller, P. A. U. L. (2011). *Seis Sigma: guia do profissional-um guia completo para green belts, black belts e gerentes de todos os níveis*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Travessa.
- Quijano, S. N. C., Canen, A. G., & Cosenza, C. A. N. (2013). *Sistema de Interferência Fuzzy Para Tomada de Decisão em Gestão de Estoques da Cadeia de Suprimentos de Uma Indústria Moveleira*. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. BA. ENEGEP.
- Rasmusson, D. (2003). *SIPOC picture book: A visual guide to SIPOC/DMAIC relationship*. Oriel Incorporated.
- Reis, D. (2003). *Seis Sigma: Um estudo aplicado ao setor eletrônico*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Santos, A. B. & Martins, M. F. (2010). *Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais*. *Production*, v. 20, p. 42-53.
- Santos, A. C. O. & Santos, M. J. (2007). *Utilização do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura - Um Estudo de Caso*. 27º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Foz do Iguaçu.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. Wisconsin: ASQ Quality.
- SLACK, N. et al. (2009). *Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas S. A.
- Soares, A. & Tavares, A. M. T. (2018). *Gestão de Estoques de Produtos Intermediários - Estudo de caso em uma empresa de petróleo*. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-RIO, Rio de Janeiro.
- Stoeterau, R. L. (2003). *Fundamentos dos Processos de Usinagem*. São Paulo: USP.
- Thome, A. M. T. (2018). *Políticas de controle de estoque*. Departamento de Engenharia Industrial. PUC-RIO. Rio de Janeiro.
- Tubino, D. F. (2000). *Manual de planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas.
- Wanke, P. F. (2011). *Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos: decisão e Modelos Quantitativos*. Atlas.
- Werkema, C. (2016). *Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas: PDCA e DMAIC*. Elsevier.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman.

