



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas - ICEA
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE POR MEIO DA DIMINUIÇÃO DO *GAP* NO
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

**GERSON PEREIRA DE SOUZA
GIRLESIO RAINER JÚNIOR**

**João Monlevade - MG
2023**

**GERSON PEREIRA DE SOUZA
GIRLESIO RAINER JÚNIOR**

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE POR MEIO DA DIMINUIÇÃO DO *GAP* NO
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Barros da Cruz

**Universidade Federal de Ouro Preto
João Monlevade - MG
2023**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R155a Rainer Junior, Girlesio.

Aumento da produtividade por meio da diminuição do GAP no processo de laminação. [manuscrito] / Girlesio Rainer Junior. Gerson Pereira de Sousa. - 2023.

50 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Barros da Cruz.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Aço - Metalurgia. 2. Laminação (Metalurgia). 3. Processos. 4. Produtividade industrial. 5. Siderurgia. I. Sousa, Gerson Pereira de. II. Cruz, Clarissa Barros da. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gerson Pereira de Souza

Girlesio Rainer Junior

Aumento da produtividade por meio da diminuição do *gap* no processo de laminação

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 15 de março de 2023

Membros da banca

Dra. Clarissa Barros da Cruz - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Rafael Lucas Machado Pinto (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Taynara Geysa Silva do Lago (Universidade Federal da Paraíba)

Dra. Clarissa Barros da Cruz, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/04/2023



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Barros da Cruz, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/04/2023, às 12:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0510174** e o código CRC **713CDF04**.

RESUMO

Com a alta demanda de produção do aço e devido aos fatores econômicos e de segurança do trabalho, as indústrias siderúrgicas têm buscado melhorar cada vez mais a eficiência nos processos produtivos, evitando assim, falhas e perdas. Os equipamentos utilizados na produção possuem diversos componentes e em caso de falhas acarretam prejuízos por longas paradas na linha de produção, sucateamento do material em linha, exposição da equipe de trabalho à riscos de segurança para restabelecimento do processo, falhas no material, atraso na entrega de pedidos, entre outros. Diante de tal situação, quais seriam as soluções para reduzir em 50% o *Gap* de laminação e diminuindo significativamente o tempo ocioso de um laminador em uma Indústria do Setor Siderúrgico? A pesquisa tem como objetivo geral de propor soluções para reduzir em 50% o *Gap* de laminação (espaço entre o término da laminação de uma barra e o início da próxima no mesmo ponto de referência) diminuindo significativamente o tempo ocioso de um laminador da *Siderúrgica A*. Para tal o estudo, foi desenvolvida uma abordagem metodológica quantitativa, com objetivo descritivo, tratando-se de uma pesquisa de natureza aplicada, através de um método de modelagem e simulação. O processo se deu em quatro etapas, sendo elas a identificação dos problemas; conceitos básicos para as melhorias; planejamento das melhorias e implementação das melhorias. Foram levantados dados dos tempos de parada e apresentados em forma de gráficos para melhor entendimento. Dentre os resultados, destacam-se a redução do tempo ocioso por turno de 49 para 21 minutos, o que gera um resultado significativo no montante mensal. Pode-se concluir que a implementação deste projeto trouxe a possibilidade de aumentar a produção em aproximadamente 2% atualmente, e uma perspectiva de maior aumento futuro no caso da necessidade de reduzir ainda mais a meta proposta.

Palavras-chave: Produção de aço. Gestão da manutenção. Redução de falhas. Melhoria Contínua.

ABSTRACT

With the high demand for steel production and due to economic and work safety factors, the steel industries have sought to increasingly improve efficiency in production processes, thus avoiding failures and losses. The equipment used in production has several components and, in case of failure, it causes damage due to long stops in the production line, scrapping of the material in line, exposure of the work team to safety risks for the restoration of the process, material failures, delay in delivery orders, among others. Faced with this situation, the present work was carried out in a steel industry, which will be called *Siderurgia A*, for reasons of business secrecy. The overall objective is to propose solutions to reduce the rolling Gap by 50% (space between the end of rolling a bar and the beginning of the next one at the same reference point) and, significantly reducing the idle time of a rolling mill in Steel A. For this study, a quantitative methodological approach was developed, with a descriptive objective, being research of an applied nature, through a method of modeling and simulation. The process took place in four stages: identifying the problems; basic concepts for improvements; improvement planning and improvement implementation. Data on stop times were collected and presented in graphs for better understanding. Among the results, the reduction of idle time per shift from 49 to 21 minutes stands out, which generates a significant result in the monthly amount. The objectives and goals of the project were achieved, since the implementation of this project brought the possibility of increasing production by approximately 2% currently, and a perspective of greater future increase in case of the need to further reduce the proposed goal.

Keywords: Steel production. Maintenance management. Failure reduction. Continuous Improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma processo de produção.	14
Figura 2 - Ilustração do processo de laminação.	16
Figura 3- Fluxograma de processo.	23
Figura 4 – Histograma de dados simulados.....	24
Figura 5 - Apresenta o Processo do método PDCA	27
Figura 6 - Classificação da pesquisa científica.....	28
Figura 7 - Localização dos equipamentos estudados.....	38
Figura 8 - Fluxograma atual.	41
Figura 9 - Fluxograma Proposto.....	42
Figura 10 - Sinal gráfico dos sensores de detecção do fio-máquina (infravermelho).	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Idade da mulher e idade do marido.....	22
Gráfico 2 – Tempo média de parada por mês (minutos)	33
Gráfico 3 - Relação entre tempo de gap e produção (em n° de rolos).....	34
Gráfico 4 - Principais equipamentos que falham na ocorrência de gap curto.	36
Gráfico 5 - Gráfico de paradas por gap, antes e após o projeto.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios do Método 5W2H.	26
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Ganhos com a implantação do projeto.	35
Tabela 2 - Com gap antigo (6 segs.).....	43
Tabela 3- Após a implantação do projeto, com novo valor de gap (3 segs.).....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 Justificativa e Relevância do Trabalho	12
1.3 Organização Do Trabalho.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Processos de fabricação	14
2.1.1 Laminação	15
2.2 Gestão de Manutenção.....	17
2.2.1 Manutenção corretiva	17
2.2.2 Manutenção preventiva.....	18
2.2.3 Manutenção Preditiva	18
2.3 Gestão da Qualidade	19
2.4 Indicadores de Gestão da qualidade	19
2.5 Ferramentas da Qualidade	20
2.5.1 Ferramentas básicas de qualidade.....	20
2.5.2 Ferramentas de melhoria contínua.....	24
3. METODOLOGIA.....	28
3.1 Procedimentos Metodológicos	29
3.2 Cálculo do <i>gap</i> atual e proposto	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1 Comparativo do <i>gap</i> atual e proposto.....	34
4.2 Ações realizadas	35
4.3 Acompanhamento dos resultados	43
4.4 Novas proposições.....	45
5. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A sociedade é extremamente dependente da indústria do aço. Por ser um material com alta resistência mecânica e podendo ser trabalhado de diversas formas, o material é utilizado em inúmeras aplicações, tanto nas estruturas de construções, como em utensílios domésticos.

Na perspectiva contemporânea vivencia-se um processo em que a concorrência se torna cada vez maior e as empresas buscam, a cada dia, modernizarem-se e apresentarem diferencial competitivo. O cenário da economia impõe uma nova dinâmica à vida das organizações.

As siderúrgicas empregam amplamente um processo conhecido como laminação. De acordo com Medeiros *et al.* (2008), a laminação é um processo de conformação mecânica e na qual o material é forçado a passar entre dois cilindros que giram em sentidos opostos e tem praticamente a mesma velocidade. Esse material é deformado ao longo de cada cilindro, com objetivo de diminuir a espessura e aumentar o comprimento, e a largura podendo ou não ser aumentada.

Alterações ocorridas em todos os setores com a aplicação e auxílio de tecnologias demonstram que as possibilidades de mudanças são grandes, valendo um estudo de sua viabilidade. A empresa em estudo onde foi desenvolvida esta pesquisa, atua no ramo de siderurgia e é uma das maiores plantas do conglomerado do grupo, empregando diretamente cerca de mil pessoas. Sua capacidade de produção anual atual está em torno de um milhão e duzentas mil toneladas, e a meta do Laminador 1 é de 710.000 toneladas/ano.

Em 1996 aconteceu uma modernização parcial de equipamentos no GPLA 1 (Gerência de Produção de Laminação 1) com a finalidade de aumentar a produtividade e para adequação do produto ao mercado, produzia-se, até então, fio máquina em rolos de 500 kg e passou-se a produzir, após as modificações, rolos de 2000 kg.

Desde a modernização, um dos itens que constitui limitador de produção e gerador de perdas em descartes no Laminador 1 é o *gap*: espaço entre o término da laminação de uma barra e o início da próxima no mesmo ponto de referência.

Diante de tal situação, quais seriam as soluções para reduzir em 50% o *Gap* de laminação e diminuindo significativamente o tempo ocioso de um laminador em uma Indústria do Setor Siderúrgico? O trabalho apresenta um estudo em uma indústria siderúrgica, que será chamada de *Siderúrgica A*, por questões de sigilo empresarial.

1.1 Objetivos

Este estudo tem por finalidade os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da presente proposta é reduzir em 50% o *Gap* de laminação, que é o espaço entre duas barras produzidas, diminuindo significativamente o tempo ocioso de um laminador na *Siderúrgica A*.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram sugeridas algumas metas. A partir disso, pode-se elencar os objetivos específicos:

- a) Aplicar metodologias para estratificação e análise de dados;
- b) Evidenciar os gargalos em equipamentos que limitam a implantação;
- c) Identificar e analisar os fatores limitantes de produção ou causas raízes de falhas dos equipamentos envolvidos no processo de laminação;
- d) Propor ações de mudança em softwares e equipamentos de área para implantação do projeto, conhecido como gap zero, mostrando sua viabilidade devido ao grande ganho de produção.

1.2 Justificativa e Relevância do Trabalho

Diante da atual competitividade do mercado siderúrgico e da grande exigência por parte dos clientes, é imprescindível a busca pela qualidade e a tentativa de diferenciação em relação a outras empresas, gastando o mínimo de recursos possíveis.

Com a alta demanda de produção e devido aos fatores econômicos e de segurança do trabalho, as indústrias, segundo Barbosa (2019), têm buscado melhorar cada vez mais a eficiência nos processos produtivos evitando assim, falhas e perdas durante a produção do aço, pois quanto maior a otimização de processos e monitoramento de dados, melhor e mais fácil será prever os resultados e melhorar a qualidade do produto final (BARBOSA, 2019).

Em virtude disso, o presente estudo se justifica por buscar melhoria no processo produtivo da *Siderúrgica A*, utilizando conhecimentos adquiridos durante a graduação no curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP Campus ICEA, para diminuir a perda de produção e desperdício de recursos como energia elétrica e maquinários.

1.3 Organização Do Trabalho

Este trabalho de conclusão de curso encontra-se dividido em cinco seções. Sendo a Introdução, na qual é apresentada a problemática da pesquisa, bem como os objetivos gerais específicos e a justificativa do trabalho. A segunda apresenta a revisão de literatura, que consiste na abordagem do assunto tratado neste trabalho por diversos autores. Na terceira seção é abordado o Material e Métodos, que consiste na apresentação do passo a passo do desenvolvimento do trabalho. Na quarta, é apresentada a análise dos Resultados e Discussões e por último, as Considerações Finais deste trabalho de conclusão de curso.

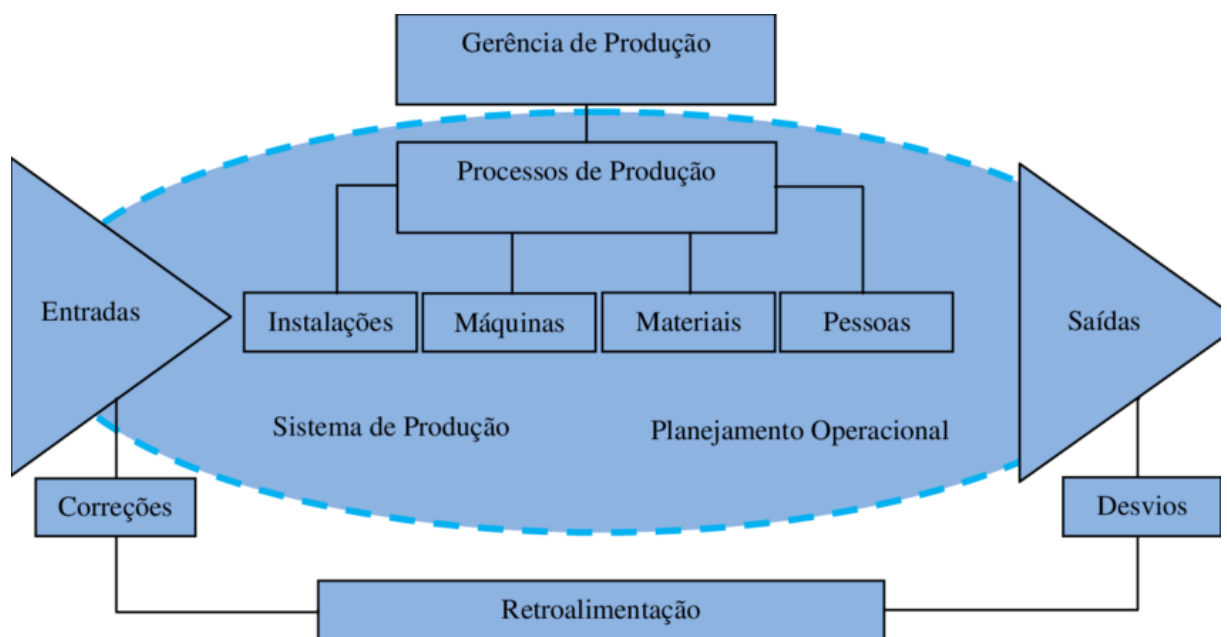
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processos de fabricação

Um processo pode ser definido como uma ordem de atividades, bem definidas e identificadas, compostas de Entradas e Saídas que agregam valor às Entradas para obtenção de um produto final ao cliente (Davenport, 1994).

É possível tratar o processo de fabricação em - Entrada - Atividades de transformação - Saída. Como trata Leão (2014), a Entrada seria o primeiro item a ser inserido no processo de transformação, como por exemplo, matéria-prima, já as atividades de transformação são as atividades pelas quais a matéria-prima passa para agregação de valor e por fim, a Saída trata-se do produto com valor agregado resultado do processo de fabricação conforme é demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma processo de produção.



Fonte: Souza *et al*, 2011.

Assim, a fabricação consiste em transformar um material em seu estado inicial em um produto desejado, por meio de atividades determinadas para esta finalidade (SENAI, 2016).

Deste modo, uma das atividades envolvida no processo de fabricação na Siderurgia é o processo de Laminação, que é a principal atividade tratada neste trabalho.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), a respeito de administrar a produção, pode-se considerar que, em um sistema produtivo, o tempo ocioso das máquinas é sinônimo de perda de produção e desperdício de recursos como energia elétrica e maquinários, o que justifica quaisquer implementações visando melhorar o aproveitamento destes ativos.

Sendo assim, visando a melhoria em seus processos produtivos, as empresas estão preocupadas com o desenvolvimento de técnicas que busquem aprimorar o produto fabricado e o método de trabalho humano em conjunto com o equipamento. O melhoramento volta-se para segmentos importantes como: produtos, métodos e processos (Silva e Fonseca, 1999).

O segmento que lida com o produto busca aprimorar os bens fabricados e desenvolver novas opções de consumo. Mantém contato constante com consumidores, de forma independente ou via área comercial, voltando sua atenção para o grau de aceitação do produto junto ao cliente e buscando aperfeiçoamento permanente do bem oferecido (Silva e Fonseca, 1999).

Ainda sobre administrar a produção, o segmento que cuida dos métodos e processos se preocupa com um método particular de execução das tarefas que vão originar um produto. O processo constitui-se na sequência de fabricação, definindo o roteiro utilizado na execução das tarefas. É o método como o produto é fabricado. Os métodos de trabalho são os movimentos feitos pelo homem e pelas máquinas (no caso de processos automatizados) na realização das tarefas. A função deste segmento é fazer com que os movimentos sejam bem aproveitados, preferencialmente com 100% de utilização, evitando ociosidade (Slack, Chambers e Johnston, 2002).

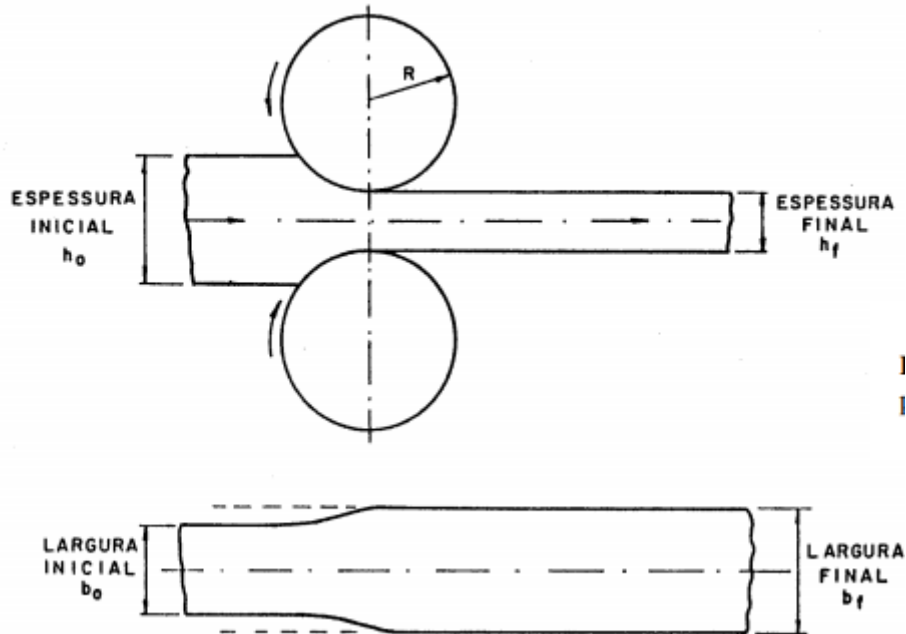
Os principais processos de fabricação são conformação mecânica, fundição, soldagem, metalurgia do pó e usinagem. O processo de laminação é um tipo de conformação mecânica.

2.1.1 Laminação

O processo de laminação, de acordo com Medeiros (2008), é um processo no qual o material é forçado a passar entre dois cilindros que giram em sentidos opostos e tem praticamente a mesma velocidade (Figura 2). Esse material é deformado ao longo de cada cilindro, com objetivo de se diminuir a espessura e aumentar o comprimento, e largura

podendo ou não ser aumentada. Coda (2006) conceitua laminação como um processo de conformação mecânica executado por compressão direta, sem retirada de material, visando obter deformações plásticas no material, mantendo sua massa.

Figura 2 - Ilustração do processo de laminação.



Fonte: Filho *et al*, 2011.

O objetivo principal da laminação é a redução seção transversal do material e pode ser classificada como laminação a quente ou a frio (RODRIGUES, 2016).

Filho *et al.* (2011) explicam que, na laminação a quente, a peça inicial é comumente um lingote fundido obtido de lingotamento convencional. Portanto, comumente se aplica em operações iniciais, onde são necessárias grandes reduções de seções transversais. Também na etapa de laminação a quente emprega-se um conjunto de dois cilindros para as primeiras etapas de redução, de tal modo que a peça é conduzida diversas vezes para o passe entre esses cilindros.

Já na laminação a frio, a peça inicial para o processamento é um produto semiacabado, previamente laminado a quente. A laminação a frio é aplicada para as operações de acabamento, quando as especificações do produto indicam a necessidade de acabamento superficial superior e de estrutura do metal encruada com ou sem recozimento final. Nas etapas finais da laminação a frio, e na maioria das etapas de laminação a frio, o trabalho é

efetuado em diversos conjuntos de cilindros dispostos em sequência chamados de trem de laminação. (FILHO *et al.* 2011).

É no processo de laminação que ocorre o *gap* - um termo em inglês que significa um distanciamento; afastamento, separação, uma lacuna ou um vácuo. Em laminação acontecem quando, criam um espaço entre cabeça e cauda das barras laminadas.

2.2 Gestão de Manutenção

Almeida (2017) define Gestão de Manutenção como correta administração da manutenção. Sendo assim, o conjunto de práticas para organizar recursos materiais, pessoas, insumos e de planejamento estratégico necessários para que máquinas, equipamentos e instalações estejam de acordo e em bom funcionamento para que supram necessidades produtivas existentes.

Ao tratar de Gestão de Manutenção é relevante trazer conceitos e definições da ABNT (NBR 5462-1994), que estabelece por meio de normas os padrões de manutenção. Deste modo, a NBR 5462-1994 normatiza a manutenção em três tipos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994): Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva – que são explicadas nas seções 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3.

2.2.1 Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Segundo a Norma ANBR 5462 (1994), manutenção corretiva são ações efetuadas após a ocorrência de uma falha, destinada a recolocar um item ou equipamentos em funcionamento nas suas condições específicas. São divididas em dois tipos manutenção corretivas não planejadas e planejadas.

A manutenção corretiva não planejada não possui tempo para a preparação de componentes e nem de planejar o serviço, ou seja, esse tipo de manutenção é a correção.

2.2.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Conforme a ABNT (1994) a manutenção preventiva é realizada de acordo com critérios predeterminados, destinada a diminuir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um equipamento. Baseado nisso, conclui-se que a manutenção preventiva visa evitar a falha antes que ela aconteça, diferentemente da manutenção corretiva, que espera que a falha aconteça para posteriormente corrigi-la. A manutenção preventiva reduz o risco de paradas não planejadas causadas por falhas nos equipamentos.

Antes de qualquer ação preventiva, é necessário se ter uma 6 dos técnicos de manutenção, pois assim torna o serviço mais especializado, mais adequado a cada processo e equipamento além de reduzir significativamente o fator subjetivo já que há um conhecimento.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva é a manutenção que permitem garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

A manutenção preditiva é realizada através do acompanhamento de parâmetros das máquinas tais como vibrações, temperatura, ruído, pressão, análise do óleo, que permite que o equipamento permaneça em operação com monitoramento constante das variáveis que podem indicar uma necessidade de intervenção, evitando a substituição prematura de peças e a troca antes que a falha ocorra. A ABNT (1994), define a manutenção preditiva como sendo aquela que garante uma qualidade de serviço esperada, com base na aplicação sistemática de métodos de análise, usando de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para diminuir a manutenção corretiva e reduzir ao mínimo a manutenção preventiva.

Os objetivos principais são: impedir o aumento de danos; reduzir trabalho de emergência não-planejado e otimizar a troca de componentes, estendendo o intervalo de manutenção; dentre outros. Para esse tipo de manutenção é necessária uma mão de obra mais qualificada para o trabalho por necessitar de tecnologias para mensuração dos valores das variáveis sendo necessário configurá-las e interpretar adequadamente os seus resultados além

de ter que efetuar análises do comportamento histórico. O alto custo empregado é recompensado por seus resultados.

2.3 Gestão da Qualidade

A qualidade tem sido cada vez mais presente nas organizações. Porém, existem diferentes percepções e interpretações abordadas por diversos autores sobre o conceito de qualidade. Segundo Deming (1990, p.125):

A qualidade só pode ser definida em termos de quem a avalia, na opinião do operário, ele produz qualidade se puder se orgulhar de seu trabalho, uma vez que baixa qualidade significa perda de negócios e talvez de seu emprego. Alta qualidade pensa ele, manterá a empresa no ramo. Qualidade para o administrador de fábrica significa produzir a quantidade planejada e atender às especificações.

Ainda segundo o mesmo autor (1990), citando uma de suas mais famosas frases: “Qualidade é atender continuamente às necessidades e expectativas dos clientes a um preço que eles estejam dispostos a pagar”.

Segundo Silva (2009, p. 11), qualidade deriva da palavra latina *qualitate* e “é sinônimo da procura contínua de melhoria em todas as vertentes, desde a política e estratégia da organização até aos indicadores financeiros mais relevantes, passando pelos níveis de satisfação de todos os *stakeholders*”.

Lopes (2014), constatou que a gestão da qualidade pode constituir um verdadeiro recurso estratégico para as empresas se houver compromisso da gestão e envolvimento dos colaboradores.

Qualidade é muitas vezes empregada com o significado de excelência de um produto ou serviço. Em algumas companhias de engenharia, a palavra pode ser usada para indicar que a peça de metal está de acordo com certas características físicas, dimensionais, estabelecidas muitas vezes na forma de uma especificação particularmente apertada. Já em um hospital a palavra pode ser referida ao profissionalismo. É preciso atender as necessidades, expectativas e exigências de cada cliente (OAKLAND, 2007).

2.4 Indicadores de Gestão da qualidade

Indicadores de qualidade são ferramentas utilizadas para medir e acompanhar o desempenho de uma empresa e estão entre os principais tipos de indicadores de desempenho de processos, os famosos KPIs (*Key Performance Indicators*). Ou seja, os

indicadores nada mais são do que a ferramenta utilizada para chegar ao objetivo previamente estabelecido (NEVES, 2012).

Existem milhares de indicadores que podem ser medidos. Porém cada um deve estar intrinsecamente ligado aos objetivos por um motivo muito simples: são eles que medem a performance de cada um dos objetivos.

Os indicadores de qualidade são aqueles indicadores que mostram tanto se há produtos ou serviços entregues com inconformidades, defeitos ou descumprindo os procedimentos determinados, assim como indicando se, mesmo dentro desses limites aceitáveis, estão suprindo as necessidades e desejos dos clientes e até se conseguem superar suas expectativas.

Os indicadores de qualidade podem ser diversificados e possuem a função de, por meio de padrões preestabelecidos pela empresa e clientes, mensurar o resultado final.

Exemplo: Uma empresa garantiu cem por cento das entregas dentro do prazo. Então esse é um indicador de qualidade. Ao utilizar indicadores de qualidade, é extremamente importante acessar regularmente dados precisos, confiáveis e de boa qualidade. (DOYLE, 2018).

2.5 Ferramentas da Qualidade

Ferramentas da Qualidade são técnicas que se podem utilizar com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas que eventualmente são encontrados e interferem no bom desempenho dos processos de trabalho. As ferramentas da qualidade foram estruturadas, principalmente, a partir da década de 50, com base em conceitos e práticas existentes. Desde então, o uso das ferramentas tem sido de grande valia para os sistemas de gestão, sendo um conjunto de ferramentas estatísticas de uso consagrado para melhoria de produtos, serviços e processos.

2.5.1 Ferramentas básicas de qualidade

As 7 Ferramentas do Controle de Qualidade são: Fluxograma, Diagrama Ishikawa (Espinha-de-Peixe), Folha de Verificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Dispersão e Cartas de Controle. Estas sete ferramentas fazem parte de um grupo de métodos estatísticos elementares, que devem ser de conhecimento de todas as pessoas envolvidas com

a empresa, do presidente aos colaboradores, e, por isso, devem fazer parte dos programas básicos de treinamentos das organizações. (ALVES; SANTOS JÚNIOR, 2019).

As ferramentas utilizadas na pesquisa foram:

- Diagrama Ishikawa (Espinha-de-Peixe)

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta da qualidade que ajuda a levantar as causas raízes de um problema, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo. Essa ferramenta foi proposta por Kaoru Ishikawa na década de 60. (COSTA; MENDES, 2018).

- Diagrama de Pareto

Segundo Campos (2014), o Diagrama de Pareto tem como finalidade mostrar a importância de todas as condições, a fim de: escolher o ponto de partida para solução do problema; identificar a causa básica do problema e monitorar o sucesso.

Para Reis (2018), a análise de Pareto é a técnica propriamente dita onde se quantifica possíveis proporções desequilibradas entre as causas e os resultados. Também conhecido como curva ABC ou gráfico de Pareto, o Diagrama de Pareto é um recurso utilizado para visualizar e classificar processos organizacionais por sua ordem de importância – listando quais são os problemas, erros, riscos e demais efeitos relacionados a eles. Os problemas classificados como poucos vitais, são processos que representam poucos problemas, mas que resultariam em grandes perdas e os muitos triviais, são processos que representam muitos problemas, mas que resultariam em poucas perdas.

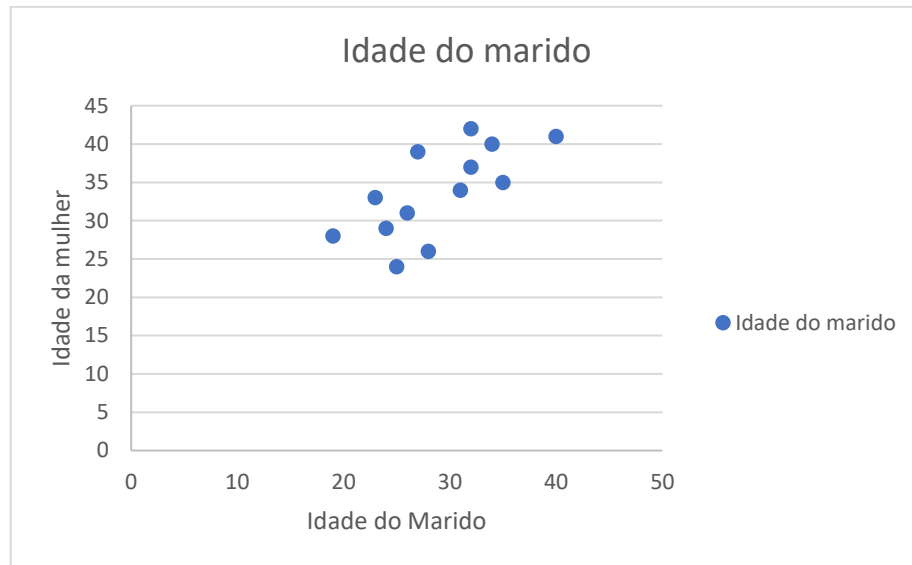
- Diagrama de Dispersão

É uma ferramenta simples que permite a visualização gráfica do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis. (LIMA *et al*, 2014).

Para MARTINS e PONTE (2010), diagrama ou gráfico de dispersão é uma representação gráfica para dados bivariados quantitativos, em que cada par de dados (x,y) é representado por um ponto de coordenadas (x,y), num sistema de eixos coordenados. Este tipo de representação é muito útil, pois permite realçar algumas propriedades entre os dados,

nomeadamente no que diz respeito ao tipo de associação entre os x's e os y's. O Gráfico 1 representa o conjunto de dados bivariados que representam as idades de 14 casais, como exemplo de um gráfico de dispersão.

Gráfico 1- Idade da mulher e idade do marido



Fonte: Adaptado de Martins e Ponte (2010).

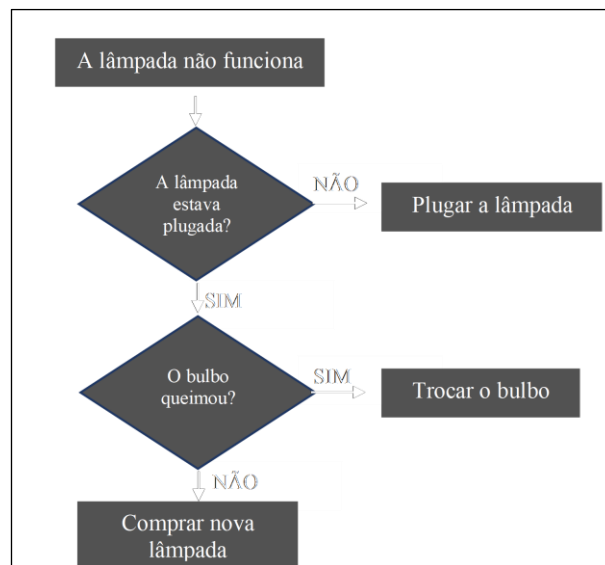
- Fluxograma

O fluxograma é um tipo de diagrama que pode ser interpretado através de uma representação gráfica de um processo, normalmente feita com gráficos que ilustram de forma simples a transição de informação entre elementos que o compõe. (MARQUES, 2012, p. 11).

O Fluxograma pode ser definido como um resumo ilustrativo do fluxo das várias operações de um processo, mostrando as etapas e o que é realizado em cada uma delas. (DANIEL; MURBACK, 2014).

Para Vergueiro (2002), o fluxograma pode assumir também diversos formatos e modelos, utilizando símbolos variados que buscam compatibilizar o gráfico ao tipo de rotina que pretende representar. A Figura 3 representa um exemplo de fluxograma de um processo.

Figura 3- Fluxograma de processo.



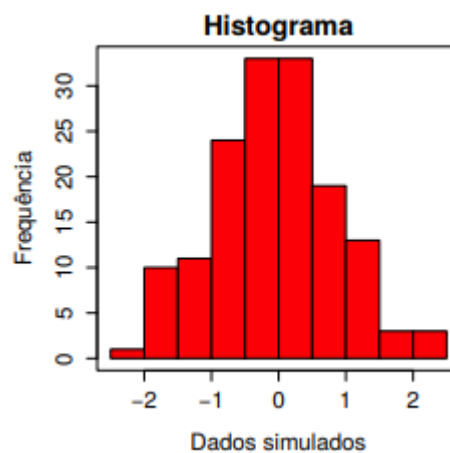
Fonte: Adaptado de Godoy, 2009.

- Histograma

Um histograma é uma representação gráfica da função de probabilidades ou da função de densidade de um conjunto de dados independentes e foi introduzido pela primeira vez por Karl Pearson. A representação mais comum do histograma é um gráfico de barras verticais. (HUBERT; VANDERVIEREN, 2006).

O autor Paladini (2000, p.232) define o histograma como uma ferramenta de gestão da qualidade que tem sua aplicação em número considerável de utilidades. Inicialmente, exemplifica como se pode descrever, de forma simples e eficiente, uma dada situação, estimula o uso de imagens como elementos básicos de descrição da realidade e induzem as pessoas a utilizar visões globais dos processos para melhor entendê-los. Dessa forma, sua aplicação tem reflexos na concepção e na implantação de processos gerenciais. A Figura 4 exemplifica um histograma de dados simulados.

Figura 4 – Histograma de dados simulados



Fonte: Lucambio, 2008.

2.5.2 Ferramentas de melhoria contínua

- Kaizen

O Kaizen é uma ferramenta que busca melhoria em todas as atividades, e seu lema é “Hoje melhor do que ontem, e amanhã melhor do que hoje”. Alguns autores o tratam como uma metodologia e outros como uma ferramenta. (OLIANI, *et al*, 2016).

- Kanban

Kanban é um método de autorização da produção e movimentação do material. Na língua japonesa a palavra Kanban significa um marcador (cartão, sinal, placa ou outro dispositivo) usado para controlar a ordem dos trabalhos em um processo sequencial. De

acordo com Alvarez (2010) Kanban significa “um quadro ou cartão com sinalização visual” e sua função é controlar o fluxo dos materiais entre os postos de trabalho.

- 5S

5 “S”, segundo Alvarez (2010) 5 “S” constitui um processo educacional que visa promover a mudança comportamental das pessoas por meio de práticas participativas e do conhecimento de informações, mudança comportamental essa que proporcione suporte e apoio filosófico à qualidade de forma ampla e à melhoria contínua em todos os âmbitos da vida humana.

A denominação 5S é originária das iniciais das cinco atividades em japonês, sendo elas:

Seiri – significa utilização – é saber usar sem desperdiçar;

Seiton – significa ordenação – é saber ordenar para facilitar o acesso e a reposição;

Seiso – significa limpeza – é saber usar sem sujar, atacando as fontes da sujeira.

Seiketsu – significa saúde – é procurar padronizar e manter os três primeiros S no dia a dia, além de cuidar da saúde do corpo e da mente; Shitsuke – significa autodisciplina – é cumprir rigorosamente o que é estabelecido. (OLIANI, *et al*, 2016).

- Auditoria

Conforme Mills (1994), auditoria consiste na realização de uma avaliação reconhecida oficialmente e sistematizada pelos interessados, com a finalidade de assegurar que o sistema, programa, produto, serviço e processo aplicáveis perfaçam todas as características, critérios e parâmetros exigidos.

- 6 Sigma

Markarian (2004) define Six Sigma como uma metodologia e filosofia que tem como objetivo a melhoria da qualidade, utilizando análise estatística como ferramenta na descoberta das causas-raiz dos problemas, assim como pela implementação de controles.

De uma perspectiva estatística, o termo “sigma” (σ) tem origem na medida do desvio-padrão. Esta apresenta a variabilidade em volta da média do processo. Na filosofia Six Sigma, o nível de sigma (σ), corresponde ao número de desvios padrão entre a média e os limites

especificados (LIE – Limite Inferior Especificado; LSE – Limite Superior Especificado). Este número é inversamente proporcional ao número de defeitos, ou seja, quanto maior σ , maior será a qualidade associada ao produto (Montgomery & Woodall, 2008).

- 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de gestão que foi desenvolvida para sanar problemas que ocorrem nos processos metodológicos das empresas. De acordo com Lucinda (2016), ela funciona como um checklist de atividades bem claras e definidas que devem ser realizadas em um projeto. Essa ferramenta tem a propriedade de resumir as atividades diárias e por conseguinte auxilia no planejamento, distribuição de afazeres, definir os itens que estarão contidos em um plano de ação, bem como registrar e estipular prazos para a sua concretização. O esquema de funcionalidade do 5W2H pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1 - Princípios do Método 5W2H.

	Termo original	Traduzido	Ação
5W	What	O que?	O que será realizado?
	When	Quando?	Quando essa ação será realizada?
	Why	Por quê?	Por que isso será realizado?
	Where	Onde?	Onde essa ação será desenvolvida?
	Who	Quem?	Quem será o responsável por essa ação?
2H	How	Como?	Como essa ação será feita?
	How much	Quanto?	Quanto custará para fazer essa atividade?

Fonte: Adaptado de Lucinda, 2016.

Com a finalidade de exemplificar a eficácia do 5W2H, Roratto *et al.* (2013), em seu estudo acerca da criação de plano de ação necessário para abrir uma empresa do ramo de condicionadores de ar automotivos, utilizaram do método da pesquisa-ação, buscando soluções práticas para os problemas reais que vão surgindo no decorrer do projeto de pesquisa. Eles esclarecem que foram utilizadas as fases da pesquisa-ação preparatória e exploratória, no qual se definiu o problema pesquisado (nesse caso foi a aplicação do 5W2H na proposição de planos para a abertura de uma empresa) e, aliado a isso, uma busca por literaturas de autores destacadas na área de qualidade e ferramentas da qualidade.

- PDCA

Para Campos (2004), a garantia da qualidade é conseguida pelo gerenciamento correto, através do PDCA, de todas as atividades da qualidade em cada projeto ou processo, buscando eliminar sistematicamente as falhas, pela preocupação em atender o cliente e através da participação de todos.

Ainda conforme o autor o controle de processo é exercido através do ciclo PDCA que é composto pelas fases de planejar, executar, verificar e atuar corretivamente, conforme mostrado na Figura 5. Segue a descrição das fases do PDCA que serão utilizadas:

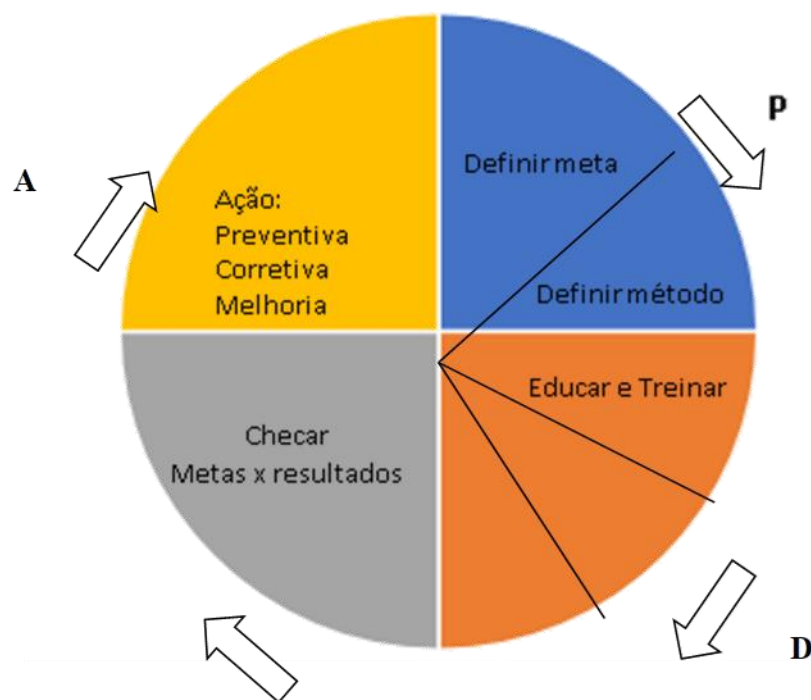
Planejar (P) = Estabelecer as metas sobre os itens de controle e a maneira para atingir as metas.

Executar (D) = Executar as tarefas conforme previsto no plano e coletar dados para verificação do processo.

Verificar (C) = Comparar o resultado alcançado com a meta planejada.

Atuar corretivamente (A) = Corrigir definitivamente os desvios encontrados de modo que o problema nunca volte.

Figura 5 - Apresenta o Processo do método PDCA

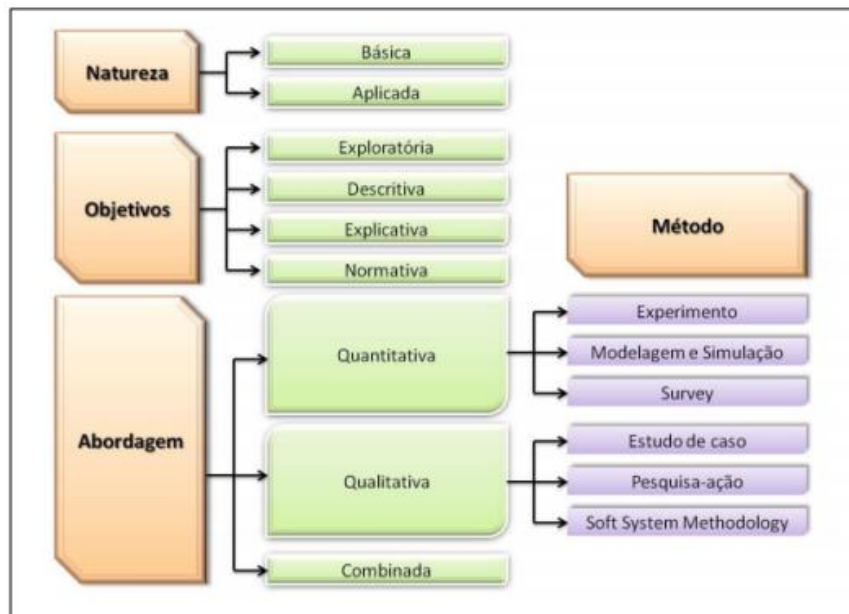


Fonte: Sandro, Cantidio. (2009).

3. METODOLOGIA

Turrioni e Mello (2012) explicitam que, uma das formas clássicas de classificar uma pesquisa é quanto a sua natureza, os objetivos do trabalho, a forma de abordagem e, por fim, o método utilizado que são esquematizados na Figura 6.

Figura 6 - Classificação da pesquisa científica.



Fonte: Turrione; Mello (2012, p. 80).

Quanto à natureza da pesquisa, a mesma se classifica como aplicada, pois, seu foco é a resolução de um problema real enfrentado por uma empresa do setor de siderurgia.

A pesquisa tem como objetivo, descritivo, ou seja, objetiva o levantamento de dados a fim de conhecer e implementar melhorias a um processo.

O método de pesquisa utilizado tem uma abordagem quantitativa. O que significa traduzir em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, com a utilização de recursos e de técnicas estatísticas (TURRIONI; MELLO, 2012).

Do ponto de vista dos métodos, a pesquisa utiliza da modelagem e simulação, pois deseja experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações propostas (TURRIONI; MELLO, 2012).

3.1 Procedimentos Metodológicos

No estudo dos tempos e métodos de trabalho, preocupa-se em encontrar a melhor maneira de executar as operações, seja de máquinas ou de pessoas, buscando reduzir ao máximo, ou até eliminar, o tempo ocioso e o trabalho desnecessário.

A análise inicia-se a partir do questionamento se operação é ou não necessária; da possibilidade de combiná-la com outra, sintetizando-as em uma única; de se poder mudar a sequência a fim de reduzir o tempo de execução; ou ainda se os movimentos operacionais podem ser alterados de forma a trazer a simplificação.

Estágio preliminar - uma nova maneira de pensar:

1. Identificação dos problemas;
2. Conceitos básicos para as melhorias;
3. Planejamento das melhorias;
4. Implementação das melhorias.

Os dados foram extraídos do *Software Manufacturing Execution System (MES)*, que é um sistema integrado que reúne informações de qualidade, produção, tempos de paradas, detalhamento dos turnos de trabalho, dentre outras. Os dados obtidos através do *Software MES* foram exportados para uma planilha no Excel e a partir daí deu-se início à parte de estratificação dessas informações que, posteriormente, foram organizadas em gráficos, evidenciando os pontos críticos do processo a serem observados.

Através do banco de dados de ocorrências de defeitos, arquivos de análises de falhas e dados de produção foi pesquisado sobre a incidência de defeitos relacionados com equipamentos diversos quando se tentava produzir com um *gap* menor que o atual (média de 6 segundos), promovendo assim a identificação das deficiências no processo. Após levantamento dos dados foi de grande importância o estudo das alternativas possíveis e todas as suas implicações, com a participação das pessoas envolvidas no processo a fim de buscar soluções que não trouxessem efeitos colaterais ao processo e que fossem de realização possível.

Foram localizados, assim, os principais equipamentos que eram limitadores à redução do *gap*. Outra fonte importante nesta etapa veio por meio de discussões com os operadores de cabine, que têm contato direto com o equipamento, tendo percepção própria sobre os problemas e deficiências deste. As discussões eram realizadas semanalmente com os

operadores de cabine de cada turno de trabalho com duração média de 30 minutos na própria cabine com os operadores.

Foram realizadas simulações, programando testes com barras de sucatas, possibilitando experiências sem risco de descartes caso ocorresse algum problema durante os testes. Nessas simulações foram realizados testes com cada programa modificado/substituído, individualmente, até que toda a sequência estivesse completa. Nesse momento foi realizado um teste contemplando todas as operações do processo.

Com o problema do *gap* identificado, através da utilização do programa no processo de produção da *Siderúrgica A*, foi planejado, com apoio na literatura, ferramentas da qualidade como o 5W2H, PDCA, Histograma, Gráfico de Dispersão e Fluxograma, por exemplo, para elencar quais fatores contribuíam de maneira mais expressiva para o aumentar o *gap* visando a melhoria contínua do processo.

O Ciclo PDCA e o 5W2H foi aplicado durante cinco meses com a participação de sete pessoas, visando como objetivo identificar possíveis melhorias no processo de produção.

O fluxograma foi utilizado na etapa de resultados e discussões para propor melhoria no processo de laminação reduzindo o *gap*.

O gráfico de dispersão foi utilizado para representar a relação de ganhos em minutos e em número de rolos mensais.

Os histogramas foram utilizados para representar o comparativo de paradas por *gap* curto em minuto durante cinco anos por quatro equipamentos.

3.2 Cálculo do *gap* atual e proposto

Como mencionado anteriormente, o *gap* atual está entre 5 e 7 segundos. É possível adotar um *gap* médio de 6 segundos para efeito dos cálculos para este trabalho. Sendo assim, observa-se as seguintes comparações.

Considerando que a produção por turno de trabalho é de 360 rolos de fio-máquina, e que o *gap* atual é de 6 segundos, logo (Equações 1 e 2):

$$\text{tempo ganho} = \text{rolos produzidos} \times \frac{\text{tempo de gap}}{\text{rolo}} \quad (1)$$

Logo:

$$\text{tempo ganho} = 360 \text{ rolos} \times 6 \text{ segundos/rolo} = 2.160 \text{ segundos} \quad (2)$$

Para ter o ganho em minutos é utilizada as Equações 3 e 4:

$$\text{tempo ganho} = \frac{\text{segundos}}{60} = \text{minutos} \quad (3)$$

$$\text{tempo ganho} = \frac{2.160 \text{ segundos}}{60} = 36 \text{ minutos} \quad (4)$$

Ou seja, 36 minutos são perdidos para espaçamento entre a produção de rolos em cada turno de trabalho na *Siderurgia A*.

Considerando o *gap* proposto de 3 segundos, para produzir a mesma quantidade de rolos de fio-máquina, o tempo perdido é calculado utilizando as equações 5 e 6 respectivamente:

$$\text{tempo ganho} = 360 \times 3 = 1.080 \text{ segundos} \quad (5)$$

$$\text{tempo ganho} = \frac{1.080}{60} = 18 \text{ minutos} \quad (6)$$

Para calcular a diferença de tempo ganho é utilizada a Equação 7 e 8:

$$\begin{aligned} \text{diferença de tempo ganho} & \quad (7) \\ & = \text{tempo perdido com gap atual} \\ & - \text{tempo perdido com gap proposto} \end{aligned}$$

$$\text{diferença de tempo ganho} = 36 \text{ minutos} - 18 \text{ minutos} = 18 \text{ minutos} \quad (8)$$

Pela diferença tem-se um ganho 18 minutos.

Considerando uma laminação de uma barra 5,5 mm com um tempo médio de 2,5 minutos para a laminação de cada barra, de acordo com dados fornecidos pela *Siderurgia A*, pois o trem de laminação 1 produz mais de uma barra simultaneamente, então de acordo com as Equações 9 e 10 tem-se:

$$\text{Rolos ganhos} = \frac{\text{tempo ganho (min)}}{\text{produção} \left(\frac{\text{min}}{\text{rolo}}\right)} \quad (9)$$

$$\text{Ganho} = \frac{18 \text{ min}}{2,5 \text{ min/rolo}} = 7,2 \text{ rolos por turno de trabalho.} \quad (10)$$

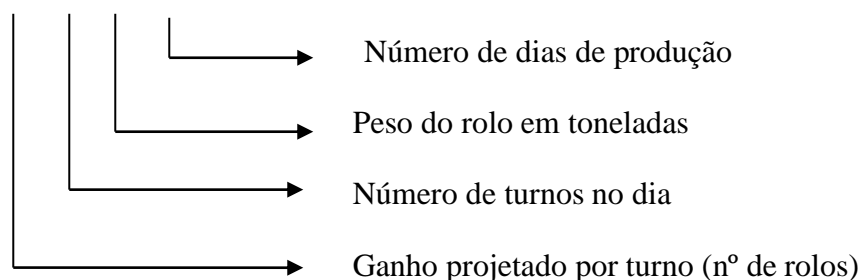
Porém, na produção desses 7,2 rolos a mais por turno também haverá perda por tempo de *gap*. Sendo assim, é calculado o ganho real de produção desses rolos utilizando as Equações 11 e 12:

$$\text{Gap total} = \text{rolos produzidos} \times \text{tempo de gap por rolo (segundos)} \quad (11)$$

$$\text{Gap total} = 7,2 \text{ rolos} \times 3 \frac{\text{segundos}}{\text{rolo}} = 21,6 \text{ segundos} \quad (12)$$

Considerando a laminação da mesma bitola, com o *gap* reduzido para 3 segundos, durante mês é utilizada a equação 13:

$$\text{Ganho no mês: } 7,2 \times 3 \times 2 \times 30 = 1270,8 \text{ toneladas} \quad (13)$$

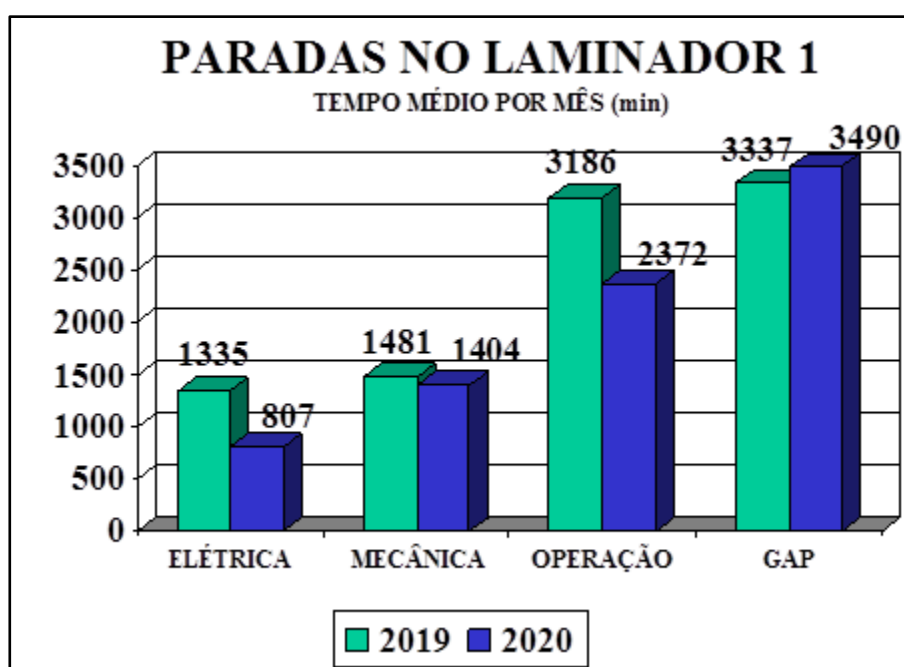


4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da pesquisa realizada na *Siderúrgica A* pelo autor da presente pesquisa, foi encontrado no banco de dados de ocorrências de defeitos os dados representados no Gráfico 2.

Observando o mesmo, nota-se o comparativo entre os principais índices de paradas no Laminador 1 nos anos de 2019 e 2020. É possível observar que as paradas por *gap* apresentam um número muito elevado e significativo em relação às demais.

Gráfico 2 – Tempo média de parada por mês (minutos)



Fonte: *Siderúrgica A*, 2020.

Como pode-se observar no Gráfico 2, os índices de paradas elétricas, mecânicas e de operação sofreram uma redução de 2019 para 2020 devido às várias melhorias realizadas e a um bom gerenciamento dos processos. Já as paradas por *gap*, continuam no mesmo patamar em razão da necessidade de mantê-lo no valor médio de 6 segundos.

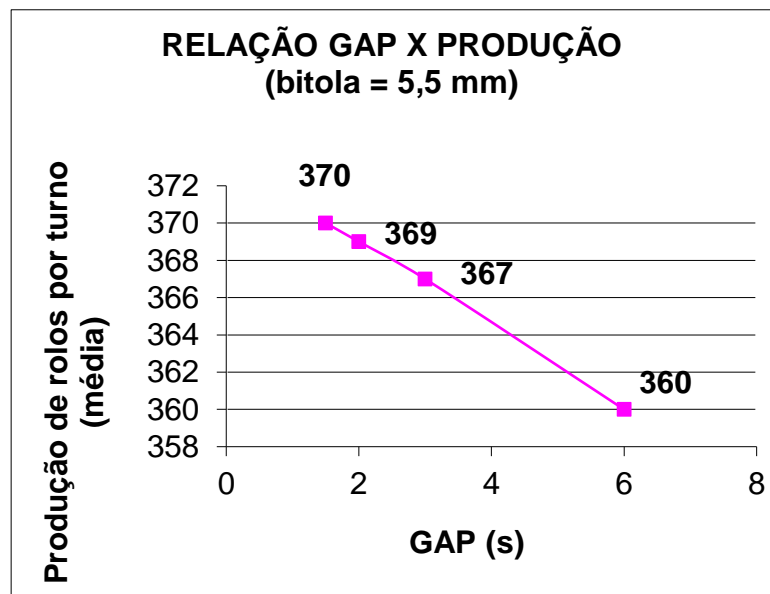
Diante do exposto, este problema provoca uma perda na produção por ociosidade do Laminador, considerando o fato de que a existência deste *gap* entre as barras se faz necessário, nos valores ajustados atualmente, para garantir a sequência de operações em função da constituição física dos equipamentos. Assim sendo, é fundamental a viabilização da

sua redução. Sendo proposição inicial a realização de um estudo que contemple mudanças no processo para possibilitar a redução desses *gaps*, no presente trabalho foram realizados os cálculos visando essa diminuição.

4.1 Comparativo do *gap* atual e proposto

No Gráfico 3 pode-se observar os ganhos propostos para alguns valores de *gap*. Com o *gap* atual de 6 segundos e uma laminação ininterrupta da bitola de 5,50 mm a produção média é de 360 rolos por turno. Com o *gap* meta de 3 segundos essa produção passaria para 367 rolos por turno, considerando o ganho projetado de 7 rolos por turno. Os ganhos para 2 segundos e 1,5 segundos seguem os mesmos cálculos realizados anteriormente.

Gráfico 3 - Relação entre tempo de *gap* e produção (em nº de rolos).



Fonte: Autores, 2023.

Considerando os ganhos de produção conseguidos conforme demonstrado no Gráfico 3, com a redução do *gap* de 6 para 3 segundos, aumentou a produção de 360 para 367 rolos. Na Tabela 1 foram projetados os ganhos para cada valor de *gap*. Os ganhos para o *gap* de 6 segundos estão zerados, pois é a condição de trabalho atual, sem qualquer alteração no processo.

Tabela 1-Ganhos com a implantação do projeto.

Descrição	Gap (s)	Ganho no Turno (t)	Ganho Mensal (t)
Atual	6	0	0
Meta	3	14	1260
Ideal	2	18	1620
Desafio	1,5	20	1800

Fonte: Autores, 2023.

Com a redução do *gap* em 75%, passando de 6 segundos para 1,5 segundos, o ganho mensal passa a ser de 20 rolos a mais, em cada turno, além do que já é produzido atualmente. Se é produzido 360 rolos em cada turno como citado anteriormente, o aumento de 20 unidades representa de um aumento de 5,5% na produção mensal.

4.2 Ações realizadas

De posse da lista dos equipamentos, obtida através do banco de dados de ocorrências de defeitos que apresentavam falhas nas ocorrências de *gap* menor que o mínimo definido como padrão, foi feita uma análise do programa de controle de cada um deles. A melhor alternativa encontrada foi a de projetar novos programas de controle para alguns dos equipamentos e modificar os programas de outros, fazendo adaptações para atender à nova necessidade.

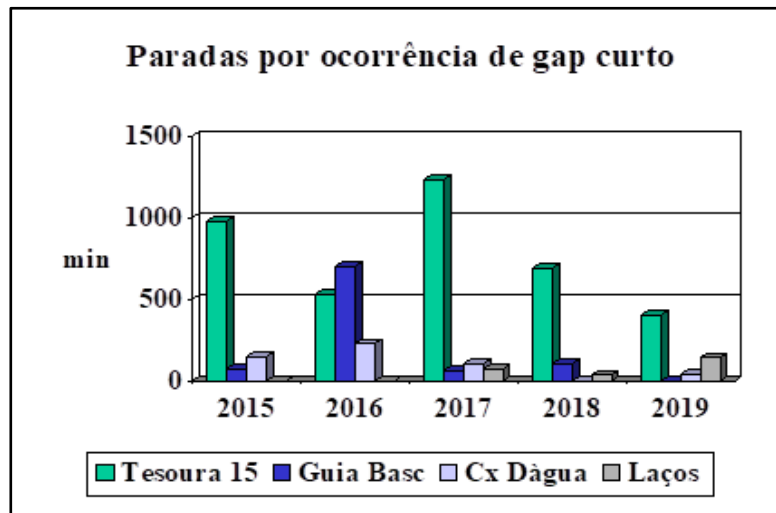
O estudo foi desenvolvido no sentido de integrar o planejamento da produção, enfatizando o uso de tecnologias (enfocando a utilização de recursos das tecnologias existentes), análise de custos, mudanças em processos produtivos, visando aumento da produção e redução de perdas. Sendo realizado através de análises detalhadas de todas as

etapas do processo produtivo para conhecimento profundo das limitações, variáveis e deficiências existentes. De posse de todos esses dados foi feita uma profunda análise para propor modificações que fossem eficazes na solução do problema.

O Gráfico 4 mostra os principais equipamentos que apresentam defeitos na ocorrência de *gap* menor do que o mínimo.

Cada equipamento possui uma tendência de parada diferente e imprevisível, e dependendo da complexidade da falha ocorrida pode-se levar algumas horas ou minutos para ser resolvida.

Gráfico 4 - Principais equipamentos que falham na ocorrência de *gap* curto.



Fonte: Banco de dados *Siderúrgica A*, 2022.

A tesoura é responsável por cortar as deformidades da cabeça e da calda do material em laminação. Quando ocorre uma falha na mesma, o tempo de parada é maior devido à complexidade de funcionamento do equipamento.

A guia basculante é um equipamento responsável por guiar o material em laminação para a gaiola de laminação, as falhas neste equipamento não ocorrem com frequência. No entanto, quando falha pode gerar um tempo de parada elevado.

A caixa d'água é um equipamento que fica responsável por resfriar o material no *Stelmor* (esteira que recebe o material para resfriamento), gera poucas falhas pois é um equipamento de alta estabilidade sendo de fácil resolução quando ocorre problemas.

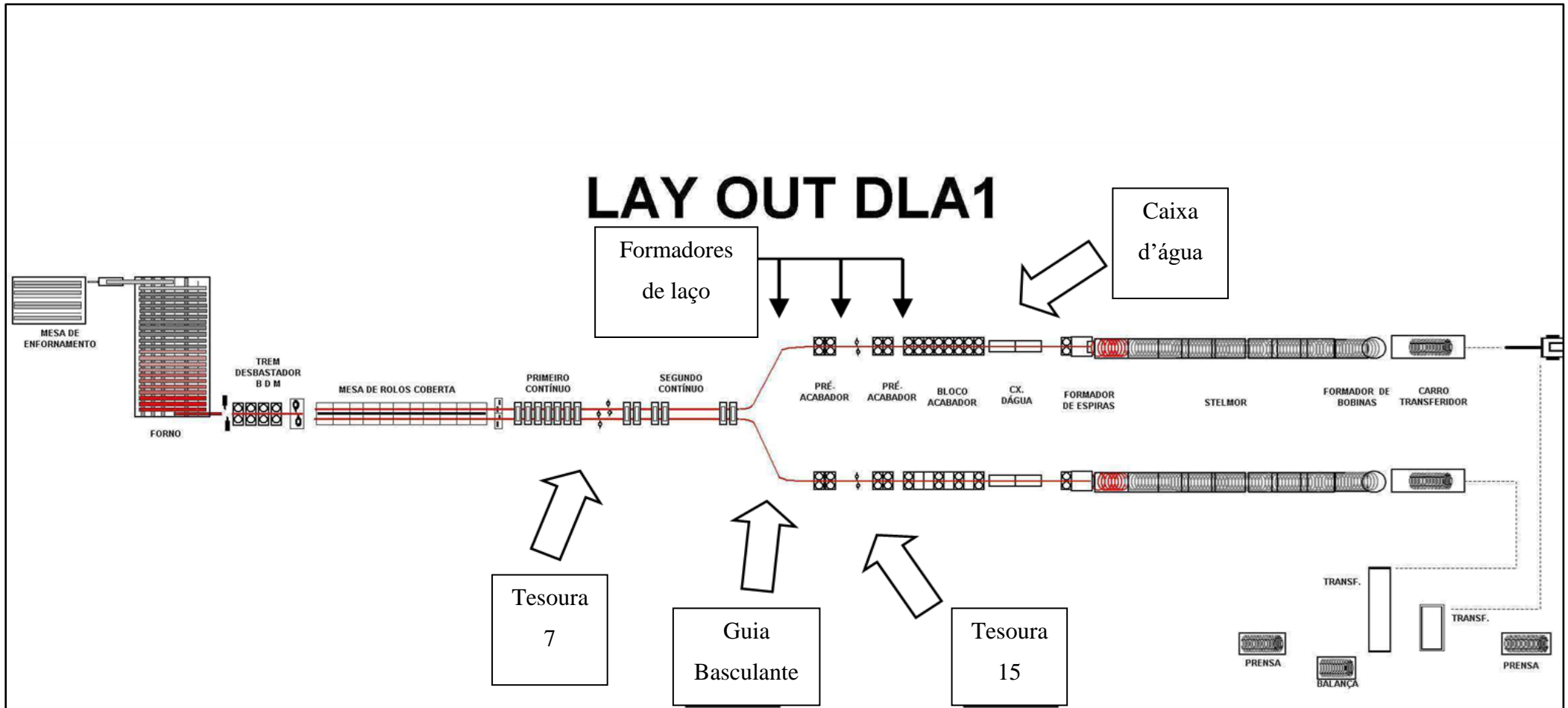
Os laços são um equipamento onde o fio-máquina passa de forma livre a fim de reduzir a tensão gerada pela laminação. O tempo de parada são baixos e raramente ocorrem pois o equipamento é de baixa complexidade.

A Figura 7 mostra a localização destes equipamentos, sendo que a partir desse ponto foi iniciado o estudo de determinação das deficiências individuais, propondo modificações para cada um deles.

De acordo com o sistema de proteção a Tesoura após a gaiola 7 é responsável por picotar a barra até atingir o espaçamento de 6 segundos caso o automatismo do forno falhe por algum motivo e permita o desenformamento da barra com um *gap* menor que o mínimo permitido.

Como todo equipamento está sujeito a defeitos, a Tesoura 7 falhava, às vezes, permitindo a passagem de *gap* menor que o mínimo. Quando isto ocorria alguns equipamentos falhavam na sequência.

Figura 7 - Localização dos equipamentos estudados.



Fonte: Autores, 2023.

O material para laminação sai do forno e entra no trem desbastador, onde ocorre o desbaste do material para iniciando a laminação. Logo após, o material passa tesoura 4 onde ocorre o corte de cabeça do material. Em seguida o material passa pela mesa de rolos coberta onde o material é guiado para as linhas de laminação. Com isso, vai para o primeiro contínuo onde novamente ocorre o processo de laminação, passa pela tesoura 7 que corta a cabeça e posteriormente a cauda do material, ela não gera parada e por isso não consta no gráfico comparativo do tempo de parada dos equipamentos. No segundo contínuo ocorre mais um processo de laminação, e depois vai para Guia Basculante, onde ocorre a condução do material para o pré acabador onde ocorre mais um processo de laminação, após a guia basculante ser aberta ela assume a função de laço, os laços são distribuídos antes dos pré acabadores e bloco. Seguindo para tesoura 15 é feito o corte da cabeça do material, o mesmo vai para a caixa água onde ocorre o resfriamento do material. O material forma espiras e segue para o *Stelmor* onde o material é resfriado por ventilação. As bobinas são formadas no formador de bobinas após o resfriamento. Seguindo para o carro transferidor em seguida as bobinas são prensadas no compactador e por fim as bobinas são pesadas e encaminhadas para os clientes.

O tempo desse *gap* (curto) é que determinava qual o equipamento estaria sujeito a ocorrência de defeito. Como observado na Figura 7, na Tesoura 7, ocorre o *gap* desejado, 6 segundos, se ele estiver curto a tesoura entra em sucateamento fazendo assim o *gap* desejado. Para valores inferiores a 3 segundos, a Guia Basculante não tinha tempo suficiente para abaixar após a saída da cauda da barra, acontecia que a cabeça da próxima barra não conseguia fazer a curva, ocasionando sucata e parada de produção. Para os tempos entre 3 e 6 segundos, alguns equipamentos estavam sujeitos às falhas como, por exemplo, a Tesoura 15, formadores de laço e caixa d'água. Como, pela sequência do fluxo, a Tesoura 15 é o próximo equipamento, depois da Guia Basculante, na sequência de produção, era lá a maior ocorrência de problemas como demonstram os dados levantados e o Gráfico 4.

A partir das etapas realizadas, foi feito levantamento e análise das variáveis envolvidas no processo produtivo, de tal forma a definir quais seriam as necessidades de mudanças. A seguir, foi feito acompanhamento de cada etapa do processo atual, observando e analisando cada equipamento individualmente e depois no contexto da operação.

Após isto, foram registrados sinais gráficos para definição dos tempos médios de *gap*, limitações de equipamentos, sinais dos novos programas desenvolvidos, em paralelo com os que estavam ainda em funcionamento, para análise da confiabilidade e comparação de sua eficácia.

A análise das informações colhidas foi importante para o conhecimento de detalhes relevantes às impedições já citadas para a redução do *gap*.

Após levantamento dos dados foi de grande importância o estudo das alternativas possíveis e todas as suas implicações, com a participação das pessoas envolvidas no processo a fim de buscar soluções que não trouxessem efeitos colaterais ao processo e que fossem de realização possível.

A próxima etapa foi a análise da viabilidade e aceitabilidade do projeto. O fato de ser uma necessidade da empresa conjugado com o baixo investimento e a alta possibilidade de retorno resultou na aprovação e liberação dos testes.

Foram feitas as proposições para as mudanças necessárias, sendo consideradas de um alto valor de custo-benefício quando comparadas com a possibilidade de ganhos a alcançar.

Grande parte do processo já possuía seu controle automatizado, como por exemplo, a utilização de sensores nas tesouras que são acionadas quando o processo não respeita o *gap* pré-determinado. A ideia foi utilizar a mesma tecnologia para desenvolver algumas modificações no processo atual e assim atingir novas metas de produção.

A solução utilizada foi a de desenvolver novos programas para cada um dos equipamentos envolvidos na sequência do processo. A próxima etapa então, foi a realização de testes para cada uma das bitolas de fio produzidas até a liberação final, controlando sempre a performance e manutenção da qualidade final do produto, pois algumas dessas alterações implicavam em mudanças no processo.

Inicialmente foi analisada a Tesoura 15, em função do alto índice de ocorrências na faixa de *gap* proposto (3 a 6 segundos). O programa original para o automatismo deste equipamento dependia de inúmeras condições para o comando de corte da Tesoura como sensores de área, corrente e velocidade de motores. Apesar de aumentar a precisão gerando um índice pequeno de variabilidade no tamanho cortado, estava sujeito a falhas por depender de muitas variáveis. Foi proposto um programa que dependeria de apenas um sensor de área e da velocidade somente do motor anterior à Tesoura 15. Apesar de estar sujeito a uma variabilidade um pouco maior, porém aceitável, isso garantiria menor incidência de defeitos.

A Guia Basculante, apesar de estar antes na sequência de operações, foi analisada em seguida por ser um equipamento que estava sujeito a falhas em uma faixa de tempo de *gap* que não era muito comum de acontecer (menor que 3 segundos), o que explica o fato dos valores no gráfico da figura 7 serem de menor relevância que a Tesoura. Como os componentes que compõem esse equipamento possuem resposta lenta (cilindros e válvulas) a solução foi propor uma modificação no fluxo do processo. No fluxo atual, a Guia Basculante

abaixa logo após a passagem do fio através do comando de um sensor de área. Após estudos das possibilidades, discussões com pessoas da área mecânica, elétrica e de operação, chegou-se a algumas sugestões:

- 1 – A Guia deveria, de alguma forma, abaixar antes da saída da cauda do fio;
- 2 – Eliminar a Guia, colocando esbarro fixo na mesa;
- 3 – Alterar os componentes da Guia para deixá-la com uma velocidade maior.

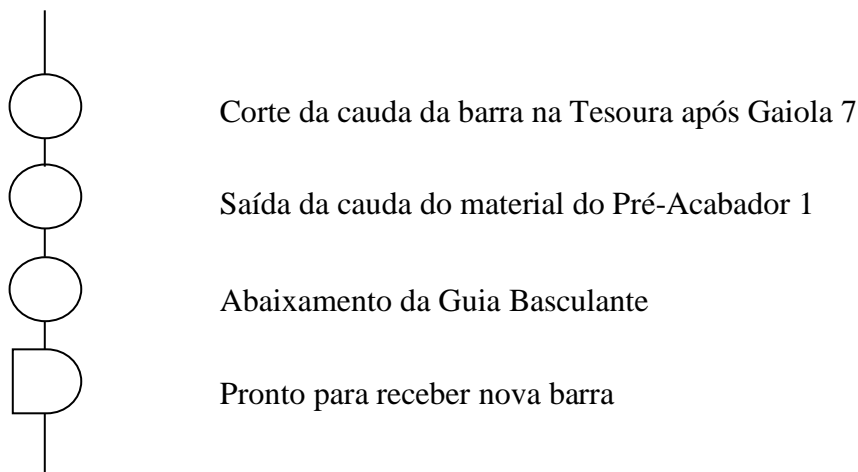
A eliminação da Guia foi descartada em função da acentuação da curva.

Para que a Guia abaixasse, antes da saída do fio, algumas modificações seriam necessárias: O sensor que indica a posição de altura do laço neste local deveria continuar “vendo” o fio embaixo da Guia; a canaleta que direciona o fio na Guia precisava ser modificada para permitir a formação do laço sob a Guia; o controle do laço deveria ser refeito para as novas condições.

A alternativa escolhida foi a de abaixar a Guia Basculante antes da saída da cauda da barra para garantir a passagem da nova barra, conforme mostram os fluxogramas nas Figuras 8 e 9.

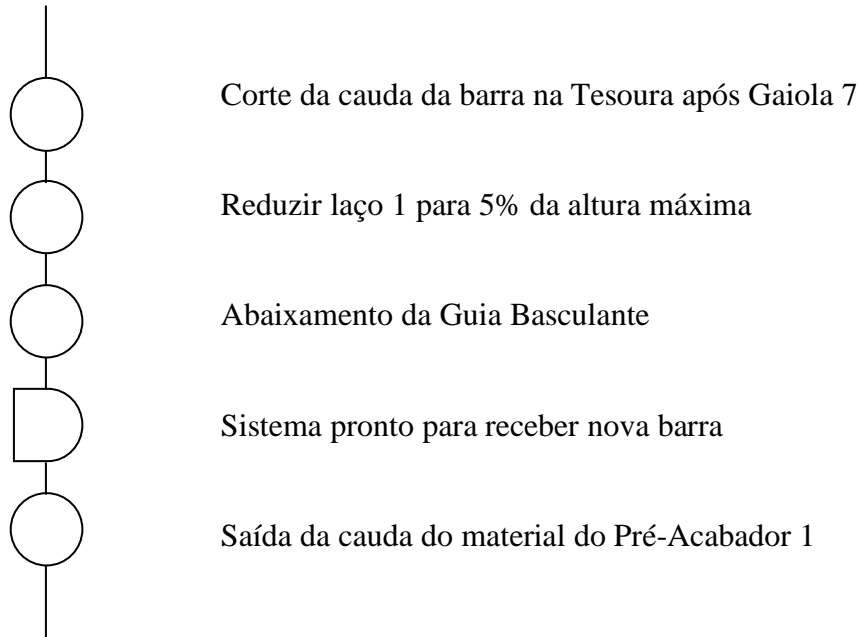
Figura 8 - Fluxograma atual.

FLUXOGRAMA ATUAL



Fonte: Autores, 2023.

Figura 9 - Fluxograma Proposto.

FLUXOGRAMA PROPOSTO

Fonte: Autores, 2023.

Em seguida foi passado para o estudo dos Formadores de Laço, que tinham o mesmo problema da Tesoura 15, a dependência de muitas variáveis do processo. A proposta era, como no caso da Tesoura, também reduzir esse número sem perder a segurança.

Para a Caixa D'água foi feito o mesmo tipo de estudo e proposto a colocação de mais um sensor de área com o objetivo de ter maior confiabilidade para calcular o momento exato do comando, já que a velocidade do fio neste ponto é relativamente alta, chegando a 85 m/s ou 306 km/h.

4.3 Acompanhamento dos resultados

Juntamente com a elaboração deste trabalho, no ano de 2022, foram implementadas as propostas mencionadas anteriormente obtendo os seguintes resultados:

De acordo com dados pesquisados nos relatórios de produção, é possível verificar os seguintes valores mostrados nas Tabelas 2 e 3:

Tabela 2 - Com gap antigo (6 segs.).

DATA E HORÁRIO DO TURNO	TOTAL DO TURNO	GAP MÉDIO
28/05/2022 – 07:00 as 15:00	48 min de <i>gap</i>	6 seg de <i>gap</i>
29/05/2022 – 15:00 as 23:00	49 min de <i>gap</i>	6,5 seg de <i>gap</i>
30/05/2022 – 23:00 as 07:00	54 min de <i>gap</i>	7 seg de <i>gap</i>
30/05/2022 – 07:00 as 15:00	46 min de <i>gap</i>	5,9 seg de <i>gap</i>

Fonte: Autores, 2023.

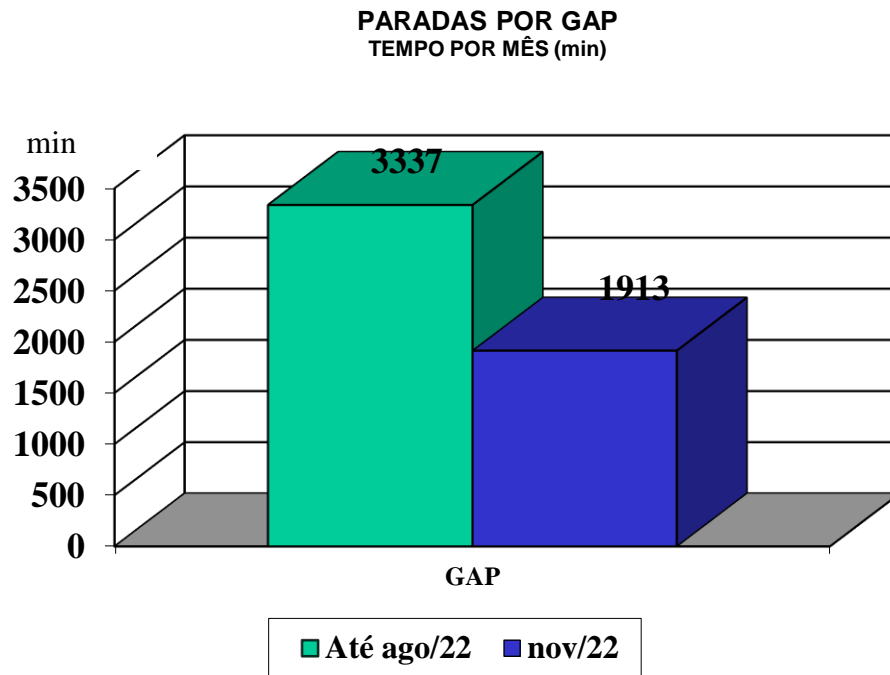
Tabela 3- Após a implantação do projeto, com novo valor de gap (3 segs.).

DATA E HORÁRIO DO TURNO	TOTAL DO TURNO	GAP MÉDIO
09/10/2022 – 07:00 as 15:00	363 rolos produzidos - 22 min de <i>gap</i> total	3,6 seg de <i>gap</i>
17/10/2022 – 07:00 as 15:00	354 rolos produzidos - 27 min de <i>gap</i> total	4,5 seg de <i>gap</i>
17/10/2022 – 15:00 as 23:00	346 rolos produzidos - 20 min de <i>gap</i> total	3,4 seg de <i>gap</i>
19/10/2022 – 15:00 as 23:00	342 rolos produzidos - 16 min de <i>gap</i> total	2,8 seg de <i>gap</i>

Fonte: Autores, 2023.

Pode-se observar que o *gap* médio por turno estava na faixa de 49 minutos. Após a implantação do projeto caiu para uma média de 21 minutos - o que significa uma redução significativa de 47% no montante mensal de paradas em minutos, como demonstrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Gráfico de paradas por *gap*, antes e após o projeto.



Fonte: Autores, 2023.

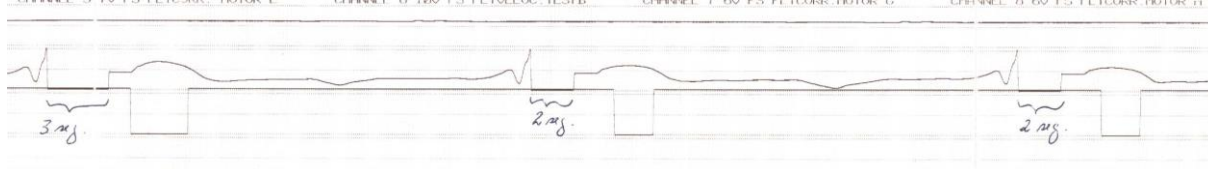
Esse gráfico compara as médias mensais das paradas por *gap* de janeiro até setembro (3337 min) com o valor das paradas por *gap* no mês de outubro após a implementação do projeto (1913 min). Essa diferença comprova o desempenho do processo após realizadas as ações do projeto. Além disso, foi gerado 2% no aumento de produção do processo (aumento de 360 para 367 rolos por turno, conforme calculado no item 4.1) e evitou o investimento em gastos com equipamentos e *know-how*.

4.4 Novas proposições

De posse dos resultados do teste piloto realizado com sucesso no Laminador 1, conforme mostra a figura 10, pode-se verificar que a efetividade das medidas tomadas nos permitiu operar com valores menores que a meta de 3 segundos. Esse valor de 2 segundos, conseguido durante os testes, porém, por se tratar de um ponto de risco para as condições atuais, deverá ser estudado em um outro projeto que contemple uma gama maior de proteções e duplicidade de comandos para os equipamentos críticos. A equipe responsável se propõe a continuar desenvolvendo tal projeto para que haja um ganho ainda maior de produtividade.

A Figura 10 representa a laminação de 4 barras, apresentando 3 espaçamentos para *gap* nos valores de 3, 2 e 2 segundos, consecutivamente. O sinal registrado vem de um sensor de infravermelho que está localizado na Guia Basculante. A linha horizontal do sinal gráfico representa a escala de tempo e a linha vertical o nível do sinal, em valor de tensão. A lacuna marcada no gráfico representa o momento entre a saída da cauda, quando o sinal vai para nível zero, e a entrada da cabeça da próxima barra, quando o sinal começa a ser registrado. Essa lacuna é o *gap*.

Figura 10 - Sinal gráfico dos sensores de detecção do fio-máquina (infravermelho).



Fonte: Autores, 2023.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho foi de extrema importância para que os alunos pudessem colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante sua vivência acadêmica. O estudo foi desenvolvido no sentido de integrar o planejamento da produção, enfatizando o uso de tecnologias (enfocando a utilização de recursos das tecnologias existentes), análise de custos e mudanças em processos produtivos, visando aumento da produção e redução de perdas.

A associação entre teoria e experiência prática propiciou uma abordagem mais exata da situação, permitindo uma análise sistêmica de todos os equipamentos envolvidos, incluindo ações prevendo efeitos colaterais. Isto nos mostra a necessidade da atualização constante e a importância da pesquisa visando atividades inovadoras.

É importante salientar a análise de dados, observação do processo, troca de informação com operacionais e realização de simulações e experiências para constatar a viabilidade de dados teóricos e ideias projetadas.

O levantamento de dados mostrou os caminhos e a sequência de ações a serem realizadas para o bom andamento do projeto. Através da utilização de tecnologias existentes foi possível executar modificações no processo produtivo, alcançando as metas objetivas do projeto obtendo como resultado um ganho substancial de 2% no aumento da produção da *Siderurgia A*.

Em função do projeto ainda estar em fase de experiência e acertos, o *gap* ainda está com valores um pouco acima da meta (1 segundo) para certos tipos de produtos laminados que utilizam velocidade muito baixa no *Stelmor*. Assim que forem testados e aprovados os últimos ajustes, certamente será trabalhado na meta, ou abaixo dela, para todos os tipos de produtos.

Diante do exposto, fica como proposta a continuação desse projeto para valores menores de *gap*, o que trará um aumento ainda maior na produtividade do Laminador 1.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. **Gestão da Manutenção: aplicada às áreas industriais, predial e elétrica**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2017.

ALVAREZ, M. E. B. **Gestão de Qualidade, Produção e Operações**. São Paulo. Editora: Atlas, 2010.

ALVES, J. S., SANTOS JÚNIOR, B. F. O uso das ferramentas da qualidade para a melhoria no setor de atendimento ao cliente. **Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe** (2019).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro. 1994.

BARBOSA, M. de C. M. **Mercado, Reciclagem e as Inovações da Indústria Siderúrgica**. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2019. 48p.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8ª Edição. Nova Lima: Editora Falconi, 2004.

CANTÍDIO, S. Processo de solução de problemas com o uso do PDCA. **Sandro Cantídio**. 2009. Disponível em: < <https://sandrocan.wordpress.com/2009/01/19/processo-de-solucao-de-problemas-com-o-uso-do-pdca/> >. Acesso em: 25 fev. 2023.

CODA, R. Laminação: **Produtos Longos de Aços Laminados a Quente**. Laboratório de Transformação Mecânica, UFRGS, 2006. 113p.

COSTA, T. B. da S., MENDES, M. A. Análise da causa raiz: **Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. São Cristóvão: o X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2018.

DANIEL, E. A., MURBACK, F. G. R. Levantamento Bibliográfico do Uso das Ferramentas de Qualidade. **Gestão & Conhecimento**. Poços de Caldas, 2014. 43p.

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de processos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1981.

FILHO, E. B. SILVA, I. B. da, BATALHA, G. F., BUTTON, S. T. **Conformação Plástica dos Metais**. Campinas: Editora da Unicamp, 2011. 6ª ed. 258p.

GODOY, A. L. de. **Ferramentas da Qualidade**. 2009. Disponível em: <<http://www.cedet.com.br/index.php?/Tutoriais/Gestao-da-Qualidade/ferramentas-daqualidade.html>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

IAROS, A. **Cartas de Controle em Laboratório: Estudo de Caso em Laboratório de Análises de Trigo**. Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015. 80p.

LIMA, P. do C. Aplicação de Folha de Verificação e Diagrama de Pareto para construção do índice de refugo em uma empresa do ramo de autopeças. **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. 10p. Curitiba, 2014.

LOPES, J. C. da C. **Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégico. Dissertação de Mestrado**. Universidade Europeia. Lisboa, 2014. 76p.

LUCAMBIO, F. **Diferentes testes para verificar normalidade de uma amostra aleatória**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Maria%20Ursulina%20de%20Lima%20Crus_M.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2023.

LUCINDA, M. A. **Análise e Melhoria de Processos - Uma Abordagem Prática para Micro e Pequenas Empresas**. Editora: Simplíssimo Livros Ltda, f. 66, 2016. 106 p.

MARKARIAN, J. **What is Six Sigma?** Reinforced Plastics. 2004. 46–49.

MARQUES, J. C. **Ferramentas da Qualidade**. Funchal: Universidade Da Madeira, 2012. Disponível em: <http://www.mccpconsultoria.com.br/wp-content/uploads/arquivos/downloads/11-Ferramentas_da_Qualidade.pdf>. Acesso em 20 fev. 2023.

MEDEIROS, E.; PEREIRA, G.; FILHO, H.; FILHO, L. **Estudo prospectivo do setor siderúrgico**. 2008. 35p.

MILLS, A. C. **A auditoria da qualidade: uma ferramenta para avaliação constante e sistemática da manutenção da qualidade**. 5.ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

MONTGOMERY, D. C., WOODALL, W. H. **An Overview of Six Sigma**. *International Statistical Review*. 2008. p. 329–346.

NEVES, A. **O Uso de Indicadores Chave de Desempenho para Avaliar a Eficiência dos Sistemas de Gestão**. Instituto Superior de Educação e Ciências - ISEC. Abril, 2012.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. Nobel. São Paulo, SP. 2007. 455p.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

REIS, T. O que é o Diagrama de Pareto e como utilizá-lo para melhorar processos. **Suno Artigos**. 2018. Disponível em: < <https://www.sunoresearch.com.br/artigos/diagrama-de-pareto/> >. Acesso em: 09 dez. 2022.

RODRIGUES, B. L. Análise da Aplicação do Masp para Redução dos Níveis de Consumo de Matéria Prima em uma Indústria Fabricante de Pás para Aerogeradores. **Monografia - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**. Fortaleza-CE, 2016.

RORATTO, Lucas et al. Gestão da Qualidade: Aplicação da Ferramenta 5W2H Como Plano de Ação Para Projeto de Abertura de Uma Empresa. In: 3ª Semana Internacional Das Engenharias Da Fabor, n. 3. 2013, Horizontina/RS, 2013.

SEBRAE. **Ferramenta 5W2H**. Disponível em:<http://www.trema.gov.br/qualidade/cursos/5w_2h.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2022.

SENAI. **Processo de fabricação mecânica**. São Paulo: Editora SENAI-SP, 2016.

SILVA, C. L.; FONSECA, V. S. da. **Competitividade organizacional**: conciliando padrões concorrenciais e padrões institucionais. In: VIEIRA, M. M. F.; OLIVEIRA, L. M. B. de. Administração contemporânea: perspectivas estratégicas. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. [S.l.], 2012.