

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA

MBA – GESTÃO EMPRESARIAL

MAURÍCIO SOUZA PREUSSLER

**AUMENTAR A CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DA CÉLULA DE ESTRIBOS  
UTILIZANDO A METODOLOGIA PDCA**

SÃO LEOPOLDO

2016

MAURÍCIO SOUZA PREUSSLER

**AUMENTAR A CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DA CÉLULA DE ESTRIBOS  
UTILIZANDO A METODOLOGIA PDCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Especialista em Gestão empresarial, pelo MBA em Gestão Empresarial da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Nerva.

SÃO LEOPOLDO

2016

## RESUMO

O presente trabalho consiste na aplicação da metodologia PDCA para elevar a capacidade de produção no processo de fabricação de estribos de uma empresa siderúrgica de grande porte. O processo produtivo ao ser aplicado a metodologia PDCA compreende as etapas de movimentação, e processamento do material na máquina de corte e dobra, cada produto possui dimensões diferentes e utilizam os mesmos parâmetros de configuração das máquinas para todos os modelos, ambos produtos devem atender as especificações, conforme a norma ABNT NBR 7481.

Através da aplicação do Ishikawa serão verificadas as principais causas que impactavam na capacidade de produção da máquina de corte e dobra, após, cada causa foi submetida a matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) que prioriza quais as possíveis causas têm maior relevância e que devem ser tratadas em primeiro lugar. Após avaliação da matriz GUT foi construído um plano de ação no formato 5W1H com objetivo de tratar as falhas afim de eliminar ou minimizar seu efeito no resultado final contribuindo para o aumento na capacidade do processo de fabricação de estribos. Os parâmetros de regulagem da máquina foram revisados e customizados para cada modelo de produto a fim de garantir o tempo mínimo necessário para atendimento as especificações citadas na ABNT NBR 7481, também foram verificadas oportunidades de melhorias no equipamento, padronização do processo, movimentação do operador, e treinamento da equipe operacional.

**Palavras-chave: PDCA. Fabricação de estribos. Capacidade de produção.**

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ferramentas da qualidade

Tabela 2 – Dimensões do estribo

Tabela 3 – 5W1H – etapa de observação do planejamento

Tabela 4 – Ganho de produtividade do estribo 12x27

Tabela 5 – Ganho de produtividade do estribo 17x27

Tabela 6 – Ganho de produtividade do estribo 12x17

Tabela 7 – Ganho de produtividade do estribo 12x12

Tabela 8 – Ganho de produtividade do estribo 7x27

Tabela 9 – Ganho de produtividade do estribo 12 x 22

Tabela 10 – Ganho de produtividade do estribo 7x25

Tabela 11 – Ganho de produtividade do estribo 7x22

Tabela 12 – Ganho de produtividade do estribo 7x17

Tabela 13 – Ganho médio de produtividade comparando o mix de produção de Dezembro de 2015

Tabela 14 – Matriz GUT ( gravidade x urgência x tendência)

Tabela 15 – 5W1H – Etapa plano de ação do planejamento

Tabela 16 – Ações realizadas – etapa da execução

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Pareto das paradas da Focus

Gráfico 2 – Relação de ganho de produtividade

Gráfico 3 – Tempo de abastecimento da máquina Focus

Gráfico 4 – Tempo de máquina parada por embolamento de material

Gráfico 5 – Tempo de máquina parada por ausência do operador

Gráfico 6 – Tempo de máquina parada por enleio

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo PDCA

Figura 2 – Ciclo PDCA – Melhoria contínua

Figura 3 – Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)

Figura 4 – Exemplo de diagrama de pareto

Figura 5 – Exemplo de matriz GUT

Figura 6 – Exemplo de 5W2H

Figura 7 – Etapa de trefilação, desbobinamento do fio máquina até a produção de vergalhão CA 60 trefilado

Figura 8 – Influencia do encruamento sobre as curvas tensão deformação em aço de baixo carbono.

Figura 9 – Espulas de aproximadamente 3 toneladas

Figura 10 – *Pay-off* da máquina focus abastecidas

Figura 11 – Três fios de vergalhão passando pelas guias da focus

Figura 12 – Três fios de vergalhão nos roletes e programa de produção

Figura 13 – Três fios de vergalhão sendo dobrados até que o estribo esteja pronto

Figura 14 – Estribos sendo acumulados no braço e operador embalando as 200 unidades do que já está completo

Figura 15 – Processo de fabricação do aço em uma siderurgia semi-integrada

Figura 16 – Espinha de peixe

Figura 18 – Centralização do painel de giro do robô da máquina do lado.

Figura 19 – Fechadura eletrônica da porta do *pay-off*

Figura 20 – Guias anti-enleio instaladas no *pay-off*

Figura 21 – Sensores anti-enleio que foram instalados nos braços alongadores

Figura 22 – Pedal de frenagem das espulas

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

GUT – Gravidade x Urgência x Tendência

PDCA – PLAN-DO-CHECK-ACTION

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	<b>Objetivo geral</b>	<b>12</b>
1.2.2	<b>Objetivos específicos</b>	<b>12</b>
1.3	JUSTIFICATIVA	12
1.4	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	13
1.5	METODOLOGIA	13
1.5.1	<b>Método de Pesquisa</b>	<b>13</b>
1.5.2	<b>Método de Trabalho</b>	<b>16</b>
1.5.3	<b>Coleta de dados</b>	<b>16</b>
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
2.1	PDCA	19
2.1.1	<b>Ferramentas da qualidade</b>	<b>24</b>
2.2	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	32
2.2.1	<b>Conformação mecânica</b>	<b>33</b>
2.2.2	<b>Operação das máquinas de Corte e Dobra</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>42</b>
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	42
3.2	PLANEJAMENTO ( <i>PLAN</i> )	44
3.2.1	<b>Identificação</b>	<b>44</b>
3.2.2	<b>Observação</b>	<b>48</b>
3.2.3	<b>Análise</b>	<b>58</b>
3.2.4	<b>Plano de Ação</b>	<b>60</b>
3.3	EXECUÇÃO ( <i>DO</i> )	63
3.3.1	<b>Centralização do painel de comando e fechadura automática</b>	<b>64</b>
3.3.2	<b>Sistemas anti-enleios</b>	<b>66</b>
3.4	VERIFICAÇÃO ( <i>CHECK</i> )	69
3.1	AGIR ( <i>ACTION</i> )	73



<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno e cada vez mais competitivo no ramo da siderurgia, as organizações estão procurando se libertar de padrões e teorias antigas e se preparar para enfrentar um cenário de clientes exigentes com mercados ágeis e de constante mudança e incertezas. O tempo é fator decisivo para sobressair e superar a concorrência e isso exige muito mais das organizações. Mudanças estão ocorrendo na maneira de pensar, nos valores tradicionais e até mesmo nos velhos hábitos executar determinadas atividades no trabalho.

No presente momento é alta a demanda de serviço, são cada vez maiores as exigências de mercado, a fidelização dos clientes depende da qualidade do produto ou serviço vendido e isso exige com que as empresas se adéquem de forma rápida, consistente e madura. A competitividade será grande e apenas as empresas que quebram paradigmas e inovam conseguirão se manter no mercado. A resposta para o sucesso das empresas é aprender sempre, porém, para isso em algumas vezes, é preciso deixar de lados alguns conceitos ultrapassados que não correspondem mais ao mercado e quebrar os grandes paradigmas mesmo em períodos de “turbulência”.

As dificuldades aparecerão, pois são inerentes a qualquer processo de mudança desde o comportamento das pessoas em tomar decisões até a maneira de como convivem na organização. Entretanto, estas mudanças devem ser trabalhadas para que a empresa obtenha flexibilidade, pró-atividade e, sobretudo, inovação.

O desenvolvimento rápido de novas tecnologias integradas e sua introdução nas empresas de maior nível tecnológico, é uma realidade que ninguém mais pode negar e que trará aumento na competitividade.

Analisando o cenário de uma empresa siderúrgica denominada como Alfa, foi possível identificar o processo de fabricação de estribos, para construção civil, como uma oportunidade para aplicar a metodologia PDCA para elevar a capacidade da máquina, eliminar perdas por movimentação e customizar os ciclos de processamento dos produtos.

O processo de fabricação de estribos consiste no corte e dobramento de um vergalhão CA 60 com 4,20mm de diâmetro onde é utilizado para sustentar e reduzir o tempo de amarração de vigas e colunas de concreto armado na construção civil. Os materiais são produzidos e comercializados seguindo a norma ABNT NBR 7481, a qual principal especificação é a faixa dimensional.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, o processo de fabricação de estribos vem apresentando redução no atendimento ao volume de produção planejado, essa redução impacta negativamente no atendimento aos clientes do setor da construção civil, cujo setor apresenta crescimento acentuado nos últimos três anos, e também no faturamento mensal da empresa.

Sendo assim, a questão de pesquisa a ser respondida neste trabalho é: Como está a capacidade produtiva da célula de estribos da empresa siderúrgica Alfa usando o método PDCA?

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho estão descritos a seguir.

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral analisar os principais fatores que podem contribuir para aumentar a capacidade produtiva da célula de estribos da empresa siderúrgica Alfa usando o método PDCA.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever os procedimentos necessários para aplicação do PDCA no processamento de estribos;
- b) Identificar como a aplicação do PDCA no processamento de estribos pode diminuir o tempo de ciclo de processamento de estribo.
- c) Identificar como a aplicação do PDCA no processamento de estribos pode reduzir o tempo de movimentação do operador dentro da célula.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Em um cenário cada vez mais competitivo, empresas de diversos setores vêm continuamente buscando mecanismos que permitam a otimização dos resultados, a redução nos prazos de entrega e a eliminação de desperdícios. Espera-se assim, um aumento real de lucratividade e da rentabilidade, resultado da melhoria de seus processos. A verdade é que as organizações têm que adaptar-se ao ambiente

externo e se capacitar para um trabalho perfeito de planejamento, visando projeções futuras e considerando fortemente o cliente com todas as suas exigências e necessidades, o mercado, seus colaboradores e os produtos.

Com base nas afirmações acima e levando em consideração a crescente demanda do estribo na empresa alfa, este trabalho consistirá em um estudo de caso onde será aplicado a metodologia PDCA para elevar a capacidade de produção da máquina Focus gerando um potencial de ganho anual equivalente a R\$ 420.000,00 mil reais.

A viabilidade ao acesso na empresa Alfa, por ser a empresa onde o aluno trabalha, foi o fator determinante para a escolha da empresa. Já a escolha do tema se originou porque o acadêmico este conduzindo este projeto de produtividade na célula dos estribos, sendo responsável pela sua conclusão até o mês de dezembro de 2015.

Nos próximos capítulos será apresentado a revisão bibliográfica do tema em questão.

## 1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho, limita-se à aplicação da metodologia PDCA para elevar a capacidade de produção no processo de fabricação de estribos para construção civil, na máquina de cortar e dobrar vergalhões CA60 com diâmetro de 4,20mm denominada de Focus.

## 1.5 METODOLOGIA

### 1.5.1 Método de Pesquisa

De acordo com Gil (2007), a pesquisa tem um caráter pragmático, sendo um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. Tendo como objetivo fundamental descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos específicos, uma pesquisa pode ser classificada seguindo diversos critérios.

A pesquisa científica é o resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos, é o ato de analisar e compreender um tema, problema ou questão, partindo sempre de uma realidade específica, que serve de base e orientação a todo projeto de formulação de hipóteses. Sempre abrindo possibilidades de aplicação do conhecimento gerado, a pesquisa tem, na localização da informação, os mecanismos necessários para interagir com a realidade.

Quanto à sua natureza, a pesquisa pode ser uma Pesquisa Básica, objetivando a geração de novos conhecimentos direcionados para o avanço da ciência e sem aplicação prática prevista. A Pesquisa Aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos.

Quanto à sua abordagem, a pesquisa pode ser quantitativa, considerando que tudo pode ser quantificado, ou qualitativa, ao qual não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização.

Do ponto de vista de seus objetivos (Gil, 2007), a pesquisa pode ser:

a) Pesquisa Exploratória: visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou construir hipóteses.

b) Pesquisa Descritiva: A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

c) Pesquisa Explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, ou seja, este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos. Pesquisas desse tipo podem ser classificadas como experimentais e *ex-postfacto* (GIL, 2007).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos (Gil, 1994), pode ser:

a) Pesquisa Bibliográfica: elaborada a partir de material já publicado, como livros, artigos, periódicos, Internet;

b) Pesquisa Documental: elaborada a partir de material que não recebeu tratamento analítico;

c) Pesquisa Experimental: quando se determina um objeto de estudo, selecionando as variáveis e definindo as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;

d) Levantamento: pesquisa que envolve questionamento direto das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;

e) Estudo de Caso: quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento;

f) Pesquisa *Ex-post-facto*: tem por objetivo investigar possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato identificado pelo pesquisador e um fenômeno que ocorre posteriormente. A principal característica deste tipo de pesquisa é o fato de os dados serem coletados após a ocorrência dos eventos.

g) Pesquisa-Ação: quando realizada em estreita associação com uma ação ou com uma resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo;

h) Pesquisa Participante: trata-se de uma pesquisa desenvolvida pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, por buscar a análise de um problema específico, e com abordagem quantitativa, pois a interpretação dos dados será elaborada a partir da análise de dados numéricos, valores medidos e dados estatísticos. Quanto ao objetivo, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, devido à busca da maior compreensão do objeto de estudo, sendo adotado o procedimento técnico estudo de caso, buscando a ampliação do conhecimento por meio da análise dos aspectos levantados.

### **1.5.2 Método de Trabalho**

Este trabalho foi desenvolvido em quatro linhas previamente planejadas:

A primeira etapa deste trabalho foi o aprofundamento nos conhecimentos referente ao ciclo PDCA e suas ferramentas como diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, matriz GUT e Plano de ação, também foi estudado o processo de fabricação de estribos para aplicar a melhor análise e ação ao processo.

A segunda etapa foi a aplicação da metodologia PDCA no processo a ser melhorado, bem como as devidas regras e aplicação de ferramentas para garantir o objetivo planejado, nesta etapa foi descrito deste a identificação do problema até a verificação final do projeto.

A terceira etapa consiste em avaliar os indicadores de produção diária, os resultados obtidos e concluir o estudo de caso.

### **1.5.3 Coleta de dados**



As informações para a realização deste estudo foram coletadas através de sistemas de controle e parâmetros dos equipamentos no ambiente de produção.

- Relatórios de produção por produto (sistema MES – Trefilas)
- Relatórios de performance do equipamento (sistema MES – Trefilas);
- Estudo de tempos e movimentos do operador
- Demais detalhes foram interpretados através de conversas informais com colaboradores do setor de empresa.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o capítulo 1 dedicado à introdução.

No capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica referente ao ciclo PDCA e ferramentas utilizadas neste estudo de caso, também será descrito o processo de fabricação de estribos bem como características técnicas sobre o processo de corte e dobramento para a fabricação deste produto.

O capítulo 3 descreve o estudo de caso realizado seguindo a metodologia PDCA para elevar a produção diária da máquina de corte e dobra.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos na aplicação da metodologia PDCA para elevar a capacidade produtiva da máquina focus para a fabricação de estribos.

No capítulo 5 encontram-se as conclusões observadas na produção deste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica que segue, tem por objetivo apresentar os principais temas utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Os estudos iniciam com uma explicação sobre PDCA e suas ferramentas e o processo de fabricação do aço até o produto final, estribo.

### 2.1 PDCA

De acordo com Bezerra (2014), o ciclo PDCA é uma das ferramentas de gestão mais utilizadas por empresas no mundo todo, ela visa controlar e melhorar processos, produtos e serviços de forma contínua, tornando os processos mais ágeis, claros e objetivos para atingir resultados cada vez melhores para a organização.

O ciclo PDCA pode ser conhecido como ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming, isso porque em 1930 Walter Shewhart (estatístico norte americano, pesquisador da Bell Telephone) apresentou este modelo de ferramenta sobre ótica da administração da qualidade, porém somente a partir da década de 50 que esta ferramenta em ciclo, o PDCA, foi amplamente conhecida no mundo todo após a II Guerra Mundial, através de palestras proferidas por William Edwards Deming (físico norte americano e aluno de Shewhart), no Japão.

Trata-se de uma das sete ferramentas da qualidade e é considerada uma das mais simples de ser aplicada, baseada em quatro fases, o ciclo proporciona o aumento da confiabilidade e a eficiência das atividades da organização.

Segundo Campos (1992), o PDCA é um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais. Portanto é necessário se determinar uma meta para a utilização dessa metodologia. De acordo com Andrade (2003), o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente, proporcionando a melhoria contínua no processo, ou produto onde for aplicado. Além disso, Andrade (2003) afirma que, o processo sempre pode ter uma nova análise, o que implica em novo processo de mudança.

Esta metodologia, visa a melhoria contínua das etapas do processo onde é aplicada, ela se encontra vinculada aos fundamentos da Filosofia Kaizen (metodologia que permite baixar os custos e melhorar a produtividade), que também é um dos pilares da administração da qualidade.

Segundo Bezerra (2014) a finalidade do método PDCA, é a aceleração e o aperfeiçoamento (melhoria) dos processos de uma empresa através da identificação das causas e a implementação de soluções para os problemas. Campos (1992) diz que, um problema é um resultado indesejável de um processo.

Conforme Periard (2011), o ciclo PDCA inicia-se pela fase de planejamento, em seguida tudo o que foi planejado deverá ser executado, gerando, posteriormente a necessidade de verificação constante das ações implementadas e comparando com o resultado esperado e definido na fase de planejamento. Se o resultado não for atendido, ou as ações não forem implementadas, cabe ao gestor do projeto agir e implantar as medidas de correção das falhas.

O ciclo PDCA, conforme citado anteriormente, é dividido em quatro fases bem definidas e distintas. Andrade (2003) e Ferreira (2010) descrevem essas fases da seguinte forma:

- P – *Plan* - (Planejar): estabelece-se os objetivos e os processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização. Esta fase abrange: a identificação do problema, o estabelecimento de uma meta, a análise do fenômeno / observação (utilizando diagramas estatísticos), a análise do processo (utilizando diagrama de causa e efeito, levantando dados, fatos, elaboração de fluxo de processo, identificação de itens de controle, análise de resultados, etc.) e a elaboração do plano de ação.
- D – *Do* (Fazer/Executar): implementar os processos, ou seja, execução das ações estabelecidas no plano de ação definidas na fase anterior, sendo realizadas de acordo com o cronograma determinado, tendo todas as ações registradas e supervisionadas.
- C – *Check* (Checar/Verificar): nesta fase deve-se executar a verificação da eficácia das ações realizadas na fase anterior. Utilizando para a mesma forma ou régua para comparação dos resultados (planejados e executados), verificação da continuidade ou não do problema (eficácia das ações realizadas) e confronto dos resultados de especificação do produto e processo após a execução da fase “D”;
- A – *Action* (Agir): esta fase é responsável pela padronização dos procedimentos implantados na fase “Do”, ou seja, sendo o resultado satisfatório devem-se padronizar essas ações, transformando-as em procedimentos padrão. Para realizar essa padronização é feita a elaboração ou alteração do padrão, comunicação, treinamento e acompanhamento da utilização do padrão. A conclusão do projeto também ocorre nessa fase, sendo que poderão ser estipuladas novas metas futuras para que o processo de melhoria contínua possa ser desencadeado.

Cada fase, para ser executada, necessita de uma ou mais ferramentas da qualidade e de um grupo de pessoas inseridas em um projeto de trabalho com um objetivo em comum, atingir a meta. Corrêa (2004) afirma que o fundamental é ter pessoas capacitadas e envolvidas, pois as ferramentas da qualidade apenas apoiam e auxiliam na tomada das decisões.

A Figura 1 ilustra o ciclo PDCA e as etapas contidas em cada uma das quatro fases.

Figura 1 - Ciclo PDCA.



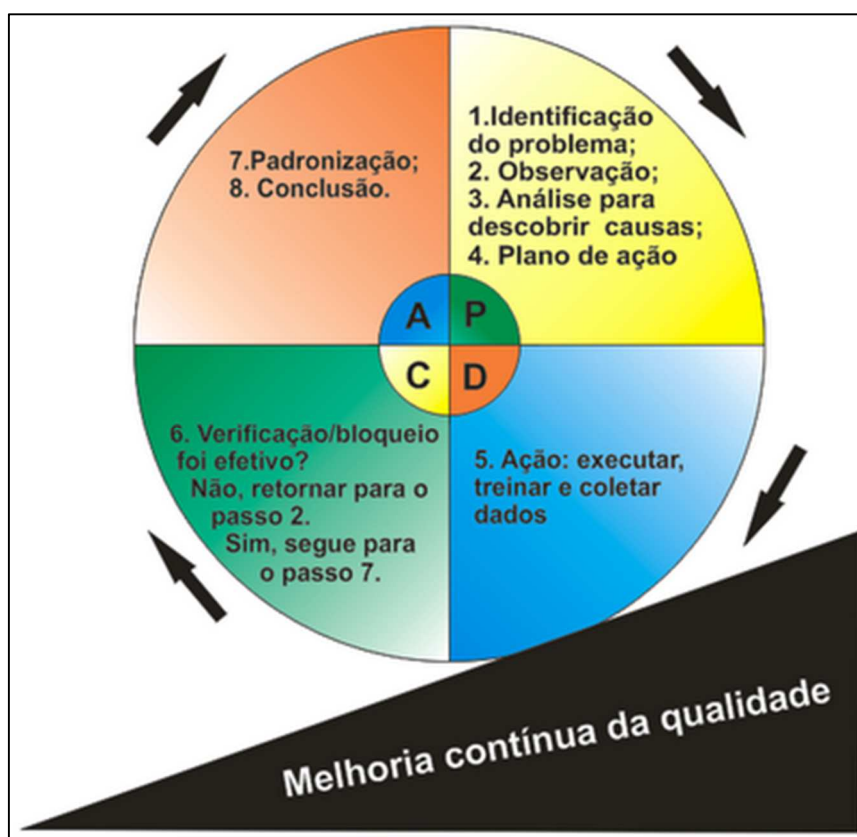
Fonte: Bezerra, 2014.

É importante lembrar que como o ciclo PDCA é verdadeiramente um ciclo, e por isso deve “girar” constantemente. Ele não tem um fim obrigatório definido. Com as ações corretivas ao final do primeiro ciclo é possível e desejável que seja criado um novo planejamento para a melhoria de determinado procedimento, iniciando

assim todo o processo do ciclo PDCA novamente. Este novo ciclo, a partir do anterior, é fundamental para o sucesso da utilização desta ferramenta e assim promovendo a melhoria contínua do processo, e ou produto, conforme citado por Campos (1992).

A Figura 2 mostra o ciclo PDCA, e a medida que se roda o ciclo sucessivas vezes, ocorre a melhoria contínua do processo, e ou produto, conforme citado anteriormente.

Figura 2 - Ciclo PDCA - Melhoria contínua.



Fonte: Silva, 2010.

Ao seguir estas fases, através do ciclo PDCA e utilizando ferramentas da qualidade, o sistema de produção atinge um nível de qualidade superior, onde o

surgimento de novos problemas serão encarados como oportunidades de melhorias (TUBINO, 2009).

Bezerra (2014) e Sebrae (2014) relatam alguns cuidados na utilização do ciclo PDCA para que o resultado final do projeto apresente resultado conforme planejado.

- Fazer sem planejar;
- Fazer e não checar;
- Não ter pessoal qualificado;
- Não dominar os métodos;
- Não agir corretivamente;
- Parar após uma volta (um ciclo);
- Confiabilidade das informações históricas do processo e produto;
- Definir as metas e não definir os métodos para atingi-las;
- Definir metas e não preparar o pessoal para executá-las.

Werkema (1995), afirma que através do ciclo PDCA, o nível estratégico da empresa poderá garantir a sua sobrevivência e o alcance de suas metas, tomando decisões, baseadas em fatos e dados previamente comprovados como causas raiz dos problemas identificados.

Esta metodologia pode ser aplicada em todas as áreas funcionais da organização, como produção, recursos humanos, marketing, finanças, vendas, entre outras, pois além de promover a melhoria planejada no processo, ela auxilia na integração das etapas do processo, envolvendo gestores e colaboradores em geral, tornando-os também responsáveis pela qualidade de um processo específico.

### **2.1.1 Ferramentas da qualidade**

De acordo com Marshall Junior et al (2006), as ferramentas da qualidade surgiram a partir de 1950, com embasamento em julgamentos e práticas existentes



e contribuem para a manutenção e melhoria dos processos. Há que se ressaltar que essas ferramentas da qualidade colaboram para a melhoria dos processos, visando o aperfeiçoamento contínuo.

Segundo Miguel (2006) as ferramentas da qualidade são frequentemente usadas como suporte ao desenvolvimento da qualidade ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema.

O ciclo PDCA não especifica quais ferramentas devem ser utilizadas em cada fase do ciclo, as ferramentas devem ser utilizadas considerando alguns fatores, como processo, informação disponível, confiabilidade, velocidade, tempo, etc. Em cada fase pode ser utilizada uma ou mais ferramentas para que se tenha o entendimento correto do problema / solução.

As ferramentas tradicionais da qualidade, de acordo com Miguel (2006) e Marshall Junior et al (2006) são: diagrama de causa-efeito (Ishikawa), fluxograma, histograma, gráfico de Pareto, diagrama de correlação, carta de controle, folha de verificação, diagrama de dispersão, matriz GUT, Brainstorming e 5W1H / 5W2H, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Ferramentas da Qualidade.

<b>Ferramentas da Qualidade</b>	<b>Finalidade</b>
Diagrama de causa efeito ou Diagrama de Ishikawa.	Utilizado para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. Deve ser realizado preferencialmente em grupo.
Gráfico de Pareto	Gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a favorecer a identificação, a medição e a prioridade dos problemas mais constantes de um processo.
Fluxogramas	Proporcionar uma descrição de fácil visualização das sequências das etapas do processo por meio de gráfico de barras.
Carta de Controle	Gráfico que retorna a informação da variabilidade por meio de acompanhamento da medição e o tempo do processo.
Folha de Verificação	Numerar as constantes ocorrências de um processo produtivo, em um determinado período de tempo.
Histogramas	Resumir dados que foram coletados de um processo durante um período de tempo, e apresentar graficamente a sua distribuição de frequências.

	Auxiliar a responder a questão: “O processo é capaz de atender os requisitos do cliente?”
Diagrama de Dispersão	Determinar se existe uma relação de dependência entre duas variáveis quaisquer, ou seja, se o que acontece com uma variável depende do que acontece com outra.
Matriz de GUT	Utilizado para selecionar variáveis a serem analisadas ou trabalhadas nos projetos de melhoria e priorizar ações ou atividades a serem realizadas.
Brainstorming (tempestade de ideias)	Detalhar as percepções em relação a um determinado assunto, buscando assim diferentes opiniões a partir da criatividade coletiva.
5W1H / 5W2H	Representar e unificar os processos, na organização de planos de ação e na afirmação de métodos adjuntos aos indicadores, sendo assim de cunho gerencial, o número (1) ou (2) significa QUANTO (custo / investimento).

Fonte: Adaptado de MARSHALL Junior et al, 2006.

Para fins deste trabalho, serão utilizadas as ferramentas diagrama de causa-efeito (Ishikawa), diagrama de Pareto, matriz GUT e 5W1H.

#### 2.1.1.1 Diagrama de causa e efeito

Esta ferramenta consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito).

Também é denominada de diagrama de Ishikawa, devido ao seu criador, ou diagrama espinha de peixe, devido à sua forma (MIGUEL, 2006). O diagrama de causa-efeito pode ser elaborado perante os seguintes passos:

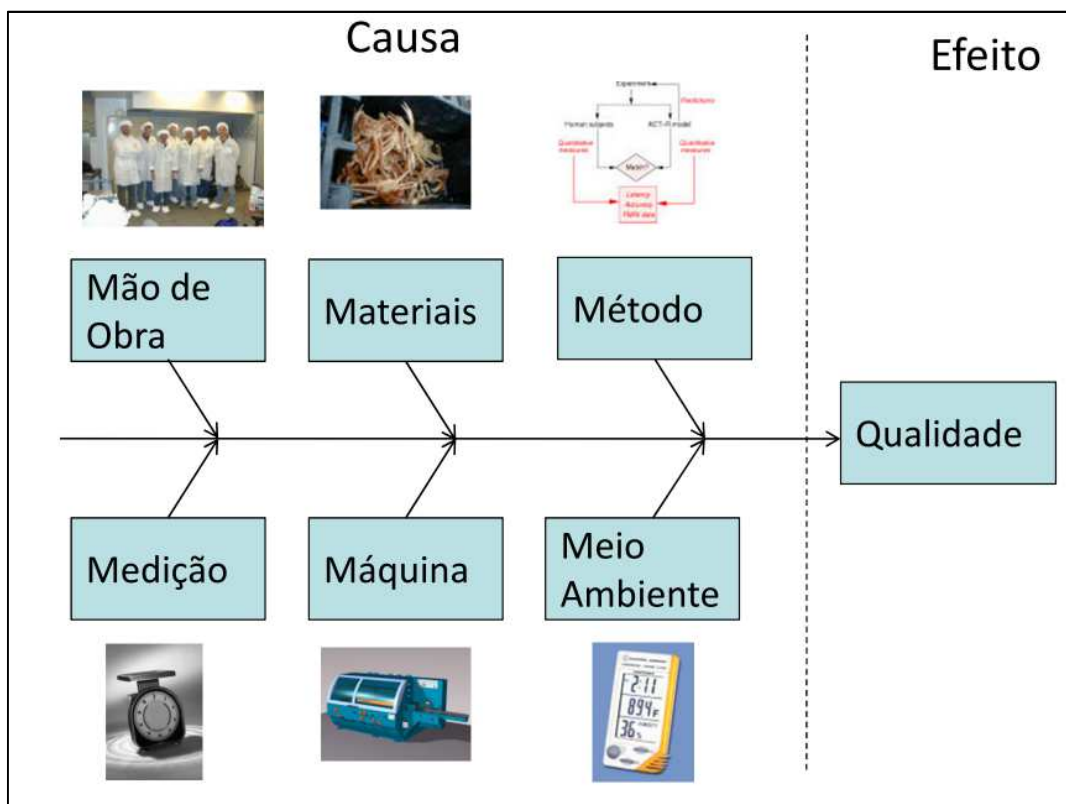
- Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito);
- Relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama;
- Construir o diagrama agrupando as causas em “6M” (mão-de-obra, método, matéria prima, medida, meio-ambiente e máquina);
- Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras;

- Correção do problema.

Esta ferramenta deve ser utilizada em conjunto com equipes envolvidas no processo a ser analisado, as possíveis causas devem ser levantadas e registradas seguindo o conceito *Brainstorming* (tempestade de ideias), conforme visto na Tabela 1.

A Figura 3 mostra um exemplo gráfico do diagrama de causa e efeito.

Figura 3 - Diagrama de causa e efeito (Ishikawa).



Fonte: Martins, 2013.

### 2.1.1.2 Diagrama de Pareto

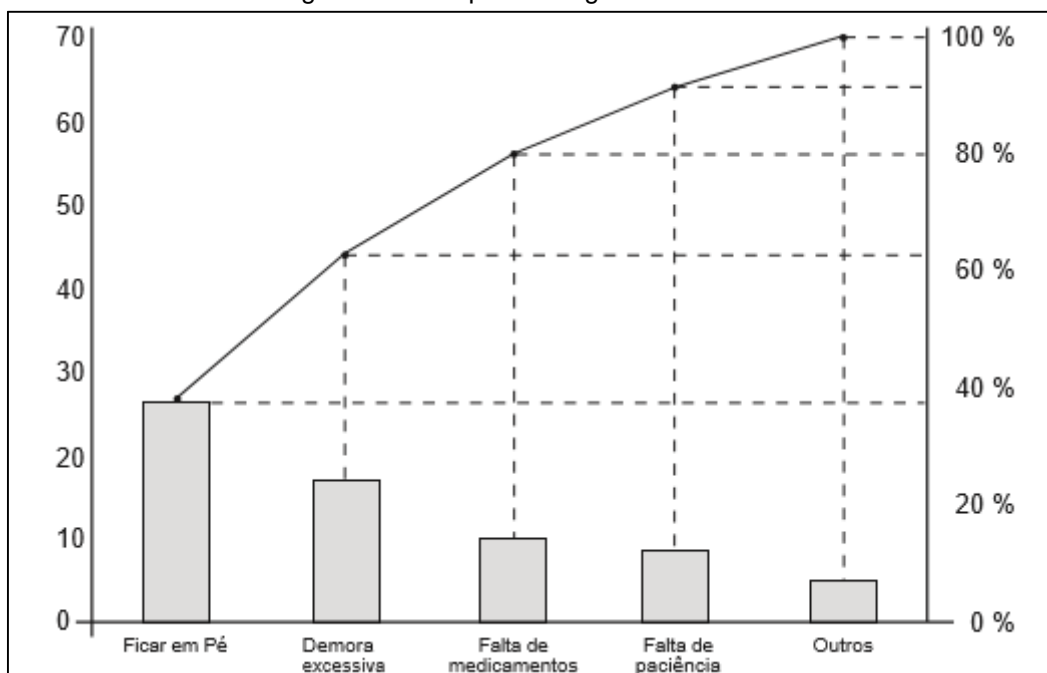
Criado pelo economista, Vilfredo Pareto em 1987, o diagrama de Pareto apresenta-se na forma especial do gráfico de barras verticais, que dispõe os itens analisados desde o mais frequente (barras a esquerda), até o menos frequente (barras a direita). Esse diagrama estabelece prioridades na tomada de decisão, a partir de uma abordagem estatística.

De acordo com Costa (1994), o gráfico de Pareto é usado sempre que for preciso ressaltar a importância relativa entre problemas ou condições, no sentido de escolher ponto de partida para a solução de problemas, avaliar o progresso de um processo e identificar a causa básica de um problema, pois sua aplicação se estende a:

- Identificar, detalhar e analisar problemas (erros, falhas, gastos, retrabalhos, etc.), e suas respectivas causas (operador, equipamento, matéria-prima, etc.);
- Auxiliar a equipe a priorizar suas ações sobre as causas que terão o maior impacto se resolvidas;
- Demonstrar a importância relativa dos problemas num formato visual, simples e rápida interpretação;
- Confirmar os resultados das ações de melhoria;
- Detalhar as causas maiores dos problemas e os itens responsáveis pelos maiores impactos objetivando a eliminação da causa;
- O progresso é medido em um formato altamente visível fornecendo incentivo na busca de mais melhorias.

A Figura 4 mostra um exemplo de diagrama de Pareto, onde “ficar em pé” representa a maior causa do problema analisado e “outros” representa a menor causa.

Figura 4 - Exemplo de diagrama de Pareto.



Fonte: Autor.

### 2.1.1.3 Matriz GUT

Segundo Costa (1994), a sigla da matriz GUT significa Gravidade, Urgência e Tendência. São parâmetros tomados para se estabelecer prioridades na eliminação de problemas, especialmente se forem vários e relacionados entre si. A técnica de GUT foi desenvolvida com o objetivo de orientar decisões mais complexas, isto é, decisões que envolvem muitas questões. A mistura de problemas gera confusão, logo, é preciso separar cada problema que tenha causa própria.

Para saber qual a prioridade na solução dos problemas detectados, deve-se realizar essas três perguntas:

- Primeira pergunta: Qual a gravidade do desvio? Indagação que exige outras explicações. Que efeitos surgirão a longo prazo, caso o problema não seja corrigido? Qual o impacto do problema sobre coisas, pessoas, resultados?

- Segunda pergunta: Qual a urgência de se eliminar o problema? A resposta está relacionada com o tempo disponível para resolvê-lo.
- Terceira pergunta: Qual a tendência do desvio e seu potencial de crescimento? Será que o problema se tornará progressivamente maior? Será que tenderá a diminuir e desaparecer por si só?

Para criar a matriz de GUT, deve-se realizar uma avaliação da Gravidade, Urgência e Tendência de cada um dos problemas, usando a Tabela GUT. Ao terminar a avaliação de todos os problemas, realiza-se a multiplicação das notas dadas e verifica-se a nota final na coluna Total, os maiores valores apresentados deverão ter sua solução priorizada no projeto.

Figura 5 - Exemplo de matriz GUT.

<b>Item a priorizar</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>G x U x T</b>
Variável 1	5	5	5	125
Variável 2	5	5	3	75
Variável 3	5	5	1	25
Variável n				

Fonte: Martins, 2013.

#### 2.1.1.4 5W1H

De acordo com ABBAS e POSSAMAI, (2008) o método 5W2H é utilizado para alocação de recursos a fim de elaborar um plano de ação, em geral, com o objetivo de melhorar algum processo, produto e, ou serviço.

É uma ferramenta que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que

deverão ser implementadas. O 5W1H deve ser estruturado para permitir uma rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto.

Os 5W correspondem às seguintes palavras do inglês: *what* (o que será feito); *who* (por quem será feito); *where* (onde será feito); *when* (quando será feito); e *why* (por que será feito), enquanto o 1H corresponde a *how* (como será feito), e 2H *How much* (Quanto custa), conforme Figura 5.

Figura 6 - Exemplo de 5W2H.

Construtiva	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento	Investimento
O quê? What?	Quem? Who?	Quando? When?	Onde? Where?	Porque? Why?	Como? How?	Quanto? How much?
Reduzir interferência na placa de assinantes	João	Abril/2013	Supervisão	Evitar propagação de radiointerferência	Trocando placa tipo A por placa tipo B	R\$ 100.0
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Fonte: Martins, 2013.

## 2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

De acordo com Scheid (2010), o processo siderúrgico pode ser dividido em três grandes etapas: redução, refino e conformação mecânica. As usinas siderúrgicas são classificadas quanto ao grau de integração, podendo ser: usinas integradas, semi-integradas e não-integradas. As usinas integradas são aquelas que operam com processos de redução, refino e conformação na mesma unidade, partindo da extração do minério de ferro até a produção do aço. As usinas semi-integradas são aquelas em que apenas as etapas de refino e conformação mecânica estão presentes, partindo do ferro gusa, ferro esponja ou sucata para a produção do aço, e por fim, as usinas não-integradas que apresentam apenas uma das etapas do processo siderúrgico, que pode ser redução (produtores independentes de ferro gusa) ou conformação mecânica (relaminadores de aço).



Visando conferir as propriedades mecânicas desejadas ao aço, se faz refino de sua composição química no forno panela, momento em que a composição química é ajustada conforme especificação.

Para a produção dos estribos, a empresa utiliza o aço Tipo X, que é proveniente de sucata e possui baixo teor de carbono. De acordo com Colpaert (2008) os aços de baixo teor de carbono são constituídos por grãos de ferrita e possui dureza relativamente baixa, o que é de extrema importância para aplicação final do produto estribo.

Uma vez acertadas temperaturas e composições, o material é encaminhado ao processo de lingotamento contínuo, ao qual é vazado em um distribuidor, que através de seus veios, conferem aos tarugos seção transversal quadrada.

### **2.2.1 Conformação mecânica**

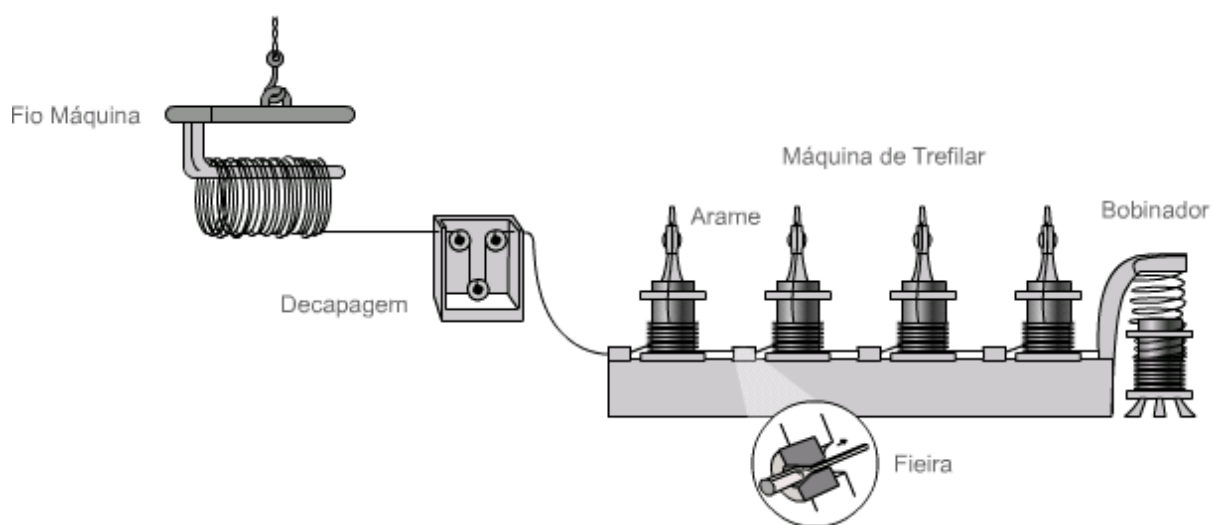
O processo de conformação mecânica a quente, denominado laminação, consiste em reduzir a seção transversal do tarugo, sem remoção de material, mantendo o volume e massa do mesmo, constante através da passagem da peça metálica entre rolos cilíndricos denominados gaiolas, que giram em sentido concordante com a passagem do material nos passes de desbaste, intermediário e acabador.

Um dos produtos da laminação, é o fio máquina, ao qual possui geometria redonda variando entre 5,50 mm a 16,0 mm e é formatado em rolos, é a matéria-prima do processo de trefilação.

Conforme (BUTTON, 2001) o processo de trefilação consiste em tracionar um material através de uma matriz de dimensão conhecida e controlada, ou seja, a redução de área do fio-máquina ocorre pela passagem do fio por matrizes cônicas conhecidas como fieiras, que são orifícios com a geometria redonda. Cada vez que o arame passa por uma fieira, sofre um passe de trefilação e tem sua seção

reduzida, conforme mostra a Figura 7. Para facilitar a trefilação, o arame passa por uma caixa com sabão em forma de pó, que é constituído basicamente por cálcio e sódio. O sabão serve para lubrificar o fio máquina, facilitando a passagem do mesmo pelas fieiras. Já no último passe é feito as nervuras e a espula do vergalhão CA 60 que servirá de matéria prima para o corte e dobra do estribo.

Figura 7 - Etapa de trefilação, desbobinamento Fio – Máquina até produção vergalhão CA 60 trefilado.



Fonte: Empresa.

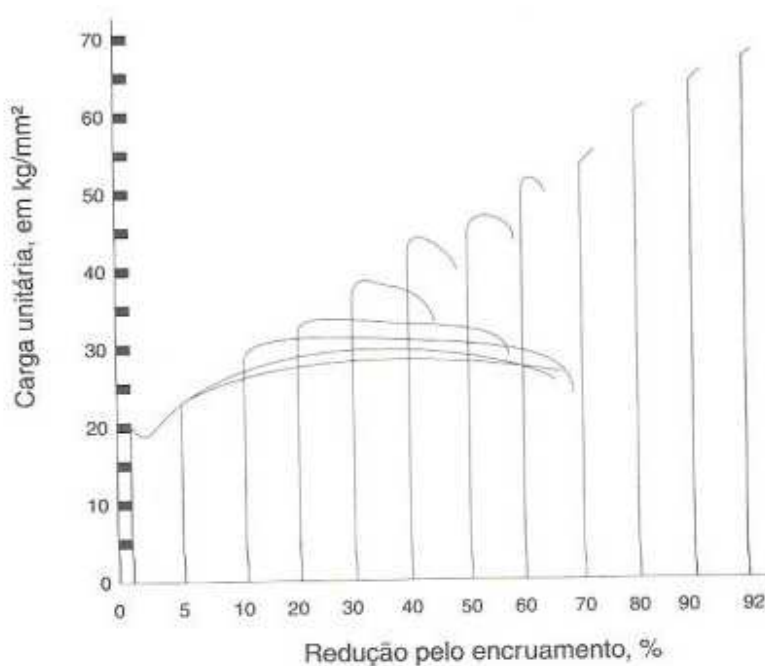
A conformação gerada no processo de trefilação modifica a microestrutura do aço, pois os grãos ficam encruados, isto é, ocorre o aumento da dureza do material devido à deformação plástica. Colpaert (2008) comenta que

Quanto as operações há pouco citadas se dão a temperaturas abaixo da zona crítica e especialmente à temperatura ambiente, chamam-se trabalho à frio. Os grãos do metal, deformados nessas condições, permanecem deformados e diz-se que o material está encruado. Essa deformação quando é superior a 15 ou 20%, deixa no interior do material vestígios típicos, visíveis ao microscópio óptico numa secção polida e atacada, porque os grãos ficam alongados paralelamente ao esforço de tração ou perpendicularmente ao de compressão.

De acordo com Chiaverini (1986), a deformação a frio (processo de trefilação) que resulta no encruamento do aço, provoca a deformação cristalina com os conhecidos efeitos de aumentar as propriedades de resistências mecânicas e diminuir as propriedades relacionadas com ductilidade e tenacidade.

Esse efeito de aumento de tensão é proporcional a taxa de deformação produzida, conforme pode ser visto na Figura 8, observa-se que a região elástica aumenta com o trabalho a frio enquanto a região plástica diminui, tornando o material completamente frágil.

Figura 8 - Influência do encruamento sobre as curvas tensão-deformação em aço de baixo carbono.



Fonte: CHIAVERINI, 1986.

Colpaert (2008) cita que

O encruamento altera profundamente quase todas as propriedades do material: aumenta a resistência à tração, o limite de escoamento, a dureza, a fragilidade, a resistência elétrica, etc., e diminui o alongamento, a estricção, a permeabilidade magnética, a resistência à corrosão, a densidade, etc.

Há casos em que os aços são encruados propositalmente para tirar proveito de certas qualidades que possuem nesse estado, principalmente dureza maior, limite de escoamento mais alto e resistência à tração mais elevada. Assim se empregam alguns fios para molas, pregos, fitas para enfardamento, certos eixos de máquinas, certas barras especiais para concreto (que pelo simples fato de estarem encruadas convenientemente permitem elevar a tensão admissível de 1200 para 1700 kg/cm<sup>2</sup>), e principalmente fios de aço com alto teor de carbono chamados “corda piano” empregados como tirantes, que chegam a resistir à tração de mais de 30.000kg/cm<sup>2</sup>.

A ferrita encruada começa, porém, a recrystalizar-se pouco acima de 500°C. Assim sendo, com um aquecimento até 600°C, o aço extra-doce já readquire praticamente as propriedades como se fosse recozido.

Conforme Eder (2006), as propriedades mecânicas do arame, como resistência à tração e tensão de escoamento, aumentam no processo de trefilação, devido ao encruamento causado pela redução de área nos sucessivos passes (trabalho a frio). Em contrapartida, o alongamento, maleabilidade e estricção diminuem. Para eliminar o encruamento gerado na trefila os arames devem ser submetidos ao tratamento térmico de recozimento, para que suas propriedades mecânicas sejam modificadas, atendendo às exigências dos clientes.

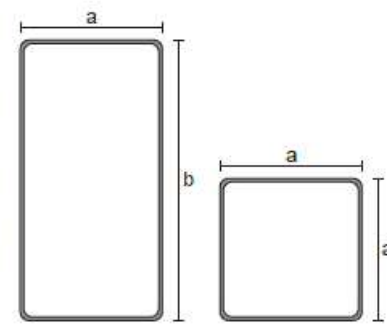
## **2.2.2 Operação das máquinas de Corte e Dobra**

### **2.2.2.1 Padrões Operacionais**

Os padrões operacionais são um conjunto de parâmetros estabelecidos para cada produto, ou seja, para cada produto existe uma especificação quanto a altura e largura, conforme mostra a tabela 2, bem como as velocidades de avanço e dobra do material que vão de encontro as necessidades dos clientes.

Tabela 2 – Dimensões de Estribo

Dimensões a x a (cm)	Bitolas (mm) aço CA-60	Peso para 100 estribos (kg)	Dimensões a x a (cm)	Bitolas (mm) aço CA-60	Peso para 100 estribos (kg)
7 x 12	4,2	4,80	10 x 25	4,2	8,30
7 x 14	4,2	5,23	12 x 12	4,2	6,32
7 x 17	4,2	5,90	12 x 17	4,2	7,00
7 x 20	4,2	6,54	12 x 22	4,2	8,00
7 x 22	4,2	7,00	12 x 27	4,2	9,11
7 x 25	4,2	7,63	15 x 15	4,2	7,20
7 x 27	4,2	8,00	15 x 20	4,2	8,30
9 x 15	4,2	6,32	15 x 25	4,2	9,40
9 x 20	4,2	7,41	17 x 17	4,2	8,00
10 x 15	4,2	6,54	17 x 27	4,2	10,20
10 x 20	4,2	7,20			



Fonte: Empresa

### 2.2.2.2 Funcionamento das máquinas de corte e dobra

A empresa possui uma máquina de corte e dobra, chamadas de Focus que utilizam 3 espulas simultâneas fazendo 3 estribos por vez. A Figura 9 mostra a espula de aproximadamente três toneladas que será utilizada para o abastecimento da máquina Focus e o processo de movimentação é feito por pontes rolantes.

Figura 9 – Espula de aproximadamente 3 toneladas



Fonte: Autor.

Com o auxílio da ponte rolante, são abastecidas três espulas dentro da máquina Focus na parte que chamamos de *pay-off* conforme ilustra na figura 10.

Figura 10 – *Pay-off* da máquina Focus abastecidas



Fonte: Autor

Após esta atividade de abastecimento, é feito a passagem do vergalhão pelos guias da máquina afim de diminuir o efeito mola da espula e ajudar no desbobinamento da mesma, conforme figura 11.

Figura 11 – Três fios de vergalhão passando pelas guias da máquina Focus



Fonte: Autor

Na sequência, o operador inseri o vergalhão dentro do canal dos roletes que fazem a tração e endireitamento do mesmo de acordo com o pedido do cliente que e dado através de um programa de produção, como podemos ver na figura 12.

Figura 12 – Três fios de vergalhão nos roletes e programa de produção



Fonte: Autor

Após acessar o programa de produção que está mostrando na máquina o operador ajusta os parâmetros do equipamento para fabricar o estribo de acordo com as medidas solicitadas e por fim o equipamento é ligado fazendo os três fios de arame avançarem a uma certa medida no sentido horizontal, realizando a dobra em 90 graus e por fim o corte do arame, tudo isso na velocidade de 75, conforme figura 13.

Figura 13 – Três fios sendo dobrados até que o estribo esteja pronto



Fonte - Autor

Após o processo de corte do estribo o mesmo vai sendo depositado automaticamente no braço acumulador até fechar a quantidade de 200 unidades



para depois serem armazenados nas suas respectivas embalagens de papelão, de acordo com a figura 14.

Figura 14 – Estribos sendo acumulados no braço e operador embalando as 200 unidades do que já está completo



Fonte: Autor

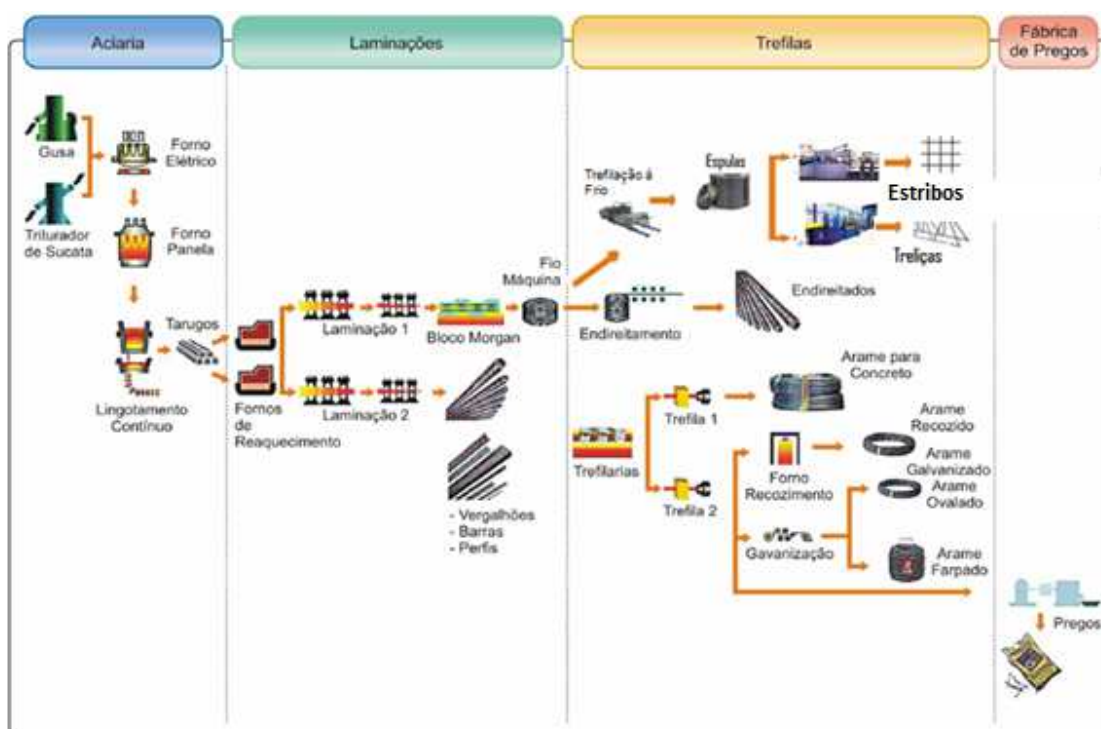
### **3 ESTUDO DE CASO**

#### **3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

A empresa denominada como “Alfa” possui mais de 110 anos de existência é líder no segmento de aços longos nas Américas e uma das principais fornecedoras de aços especiais do mundo. Com mais de 45 mil colaboradores, possui operações industriais em 14 países. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço, reforçando seu compromisso com o desenvolvimento sustentável das regiões onde atua. Com mais de 130 mil acionistas, a empresa está listada na bolsa de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri. A empresa é uma usina semi-integrada que utiliza a sucata

como matéria-prima predominante para a produção do aço e conta com 4 processos de fabricação que são: aciaria, laminação, trefila e por fim fábrica de pregos. O objeto de estudo neste trabalho é o processo de fabricação de estribos o qual conta com 1 máquina Focus e dois operadores, um em cada turno.

Figura 15 - Processo de fabricação do aço em uma siderúrgica semi-integrada.



Fonte: Empresa

Conforme a Figura 15, o estribo está inserido no processo de trefilas onde a primeira etapa do processo produtivo de fabricação do estribo se dá na aciaria, onde ocorre a fusão da carga sólida de sucata mais ferro gusa no forno elétrico, seguido pelo processo de laminação, passando pelo processo de trefilação e chegando no processo de estribos.

## 3.2 PLANEJAMENTO (*PLAN*)

A fase de planejamento é uma das atividades mais importantes do projeto a se executar, pois é nela que serão observados os problemas, a análise dos resultados atuais e a definição do plano de ação com responsáveis e prazos.

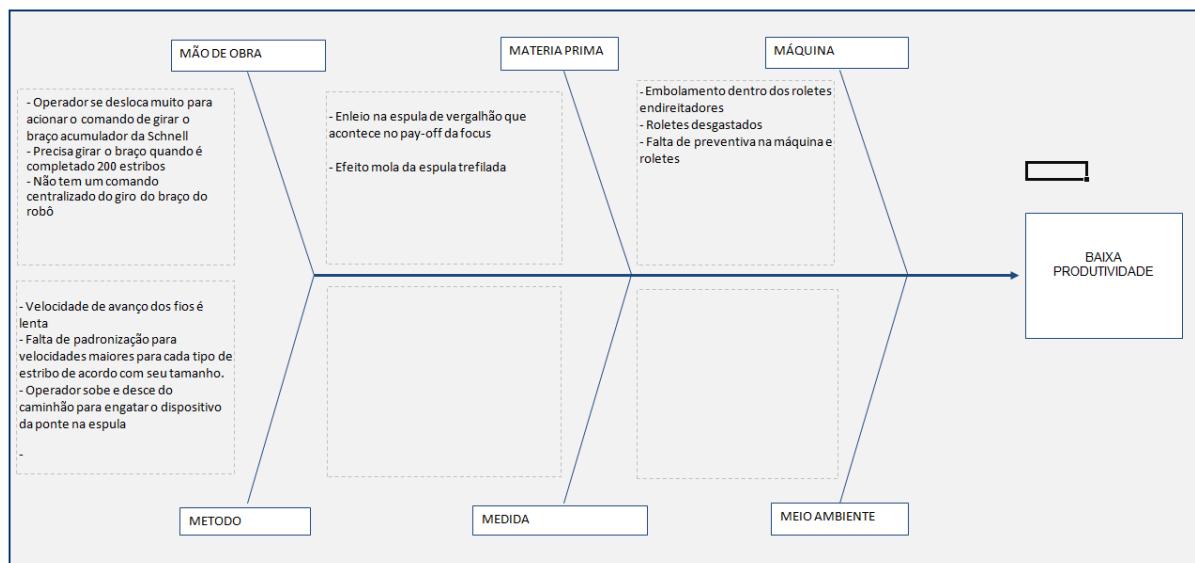
Esse item será dividido em quatro etapas: identificação, observação, análise e plano de ação.

### 3.2.1 Identificação

Para a identificação dos problemas que impactam no objetivo de aumentar a capacidade de produção de estribos foram utilizadas duas ferramentas de qualidade, diagrama de causa e efeito (diagrama de *Ishikawa*) e diagrama de Pareto. Optou-se em utilizar essas ferramentas em conjunto pois o *Ishikawa* nos mostrará as interrupções associadas a percepção da equipe operacional no chão de fábrica e o diagrama de Pareto nos mostrará as interrupções declaradas no sistema de controle de performance das máquinas (sistema MES).

Na Figura 16, pode-se verificar as possíveis causas levantadas que impactam no aumento da produção de estribos, essa análise foi realizada com a equipe operacional da fábrica durante os meses de junho e julho de 2015.

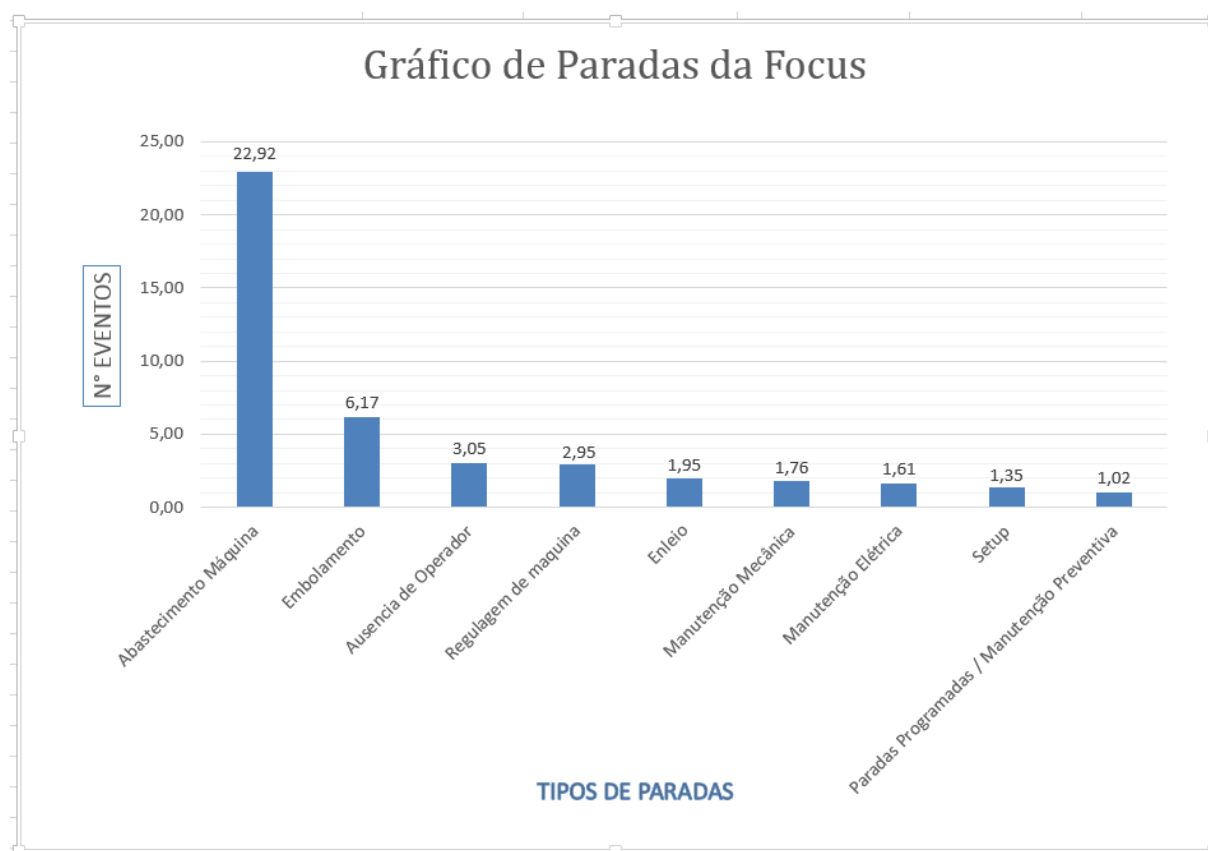
Figura 16 – Espinha de peixe



Fonte: Autor

No gráfico 01, observa-se as principais interrupções registradas no sistema MES pelo o operador durante as paradas do equipamento e posteriormente extraídas do próprio sistema para análise. Os resultados são baseados na média mensal dos últimos nove meses que compreende de janeiro a setembro de 2015. Verifica-se que as horas de abastecimento de máquina, embolamento de material, ausência de operador, regulagem de máquina e enleio, poderiam ser revertidas em horas de produção, pois ambas somam 37,04 horas/mês de ociosidade na Focus.

Gráfico 01 – Pareto das paradas da Focus



Fonte: Autor

- Abastecimento de material – tempo utilizado para descarregar o caminhão com espulas e movimenta-las até o estoque intermediário utilizando ponte rolante e o tempo para pegar as espulas no estoque intermediário e posicionar dentro do *pay-off* da focus.

- Embolamento – tempo que a focus ficou ociosa devido ao embolamento de material que aconteceu entre os roletes endireitadores e o vergalhão CA60.
- Ausência de operador – tempo que o operador saiu da máquina para fazer o giro do robô da máquina do lado denominada Schnell.
- Regulagem de máquina – tempo necessário para realização da regulagem de roletes e acerto dos parâmetros de corte e dobramento da máquina.
- Enleio – tempo em que a máquina fica ociosa porque o operador esta desenrolando os fios de vergalhão que se entrelaçaram no momento em que a espula estava sendo desbobinada durante o processo de fabricação do estribo.

Dentre os motivos apresentados, as principais interrupções que afetam o aumento da capacidade da focus é o abastecimento de máquina, embolamento, ausência de operador, regulagem de máquina e enleio.

Através do diagrama de Ishikawa visto na Figura 16, pode-se observar que existem inúmeras causas que afetam a desempenho da máquina focus:

- Mão de obra

- Operador se deslocando da máquina focus para acionar o painel elétrico da máquina ao lado para fazer o giro do robô.

- Método

- Velocidade de avanço e dobra do estribo é a mesma para todos tipos de estribos.
  - Operador sobe e desce de cima do caminhão para engatar o dispositivo da ponte na espula para fazer a movimentação dela até o estoque intermediário. Esta subida e descida acontece 23 vezes por mês.
- Matéria prima
- Enleio na espula de vergalhão que acontece dentro do *pay-off* da focus devido ao efeito mola do material trefilado.
- Máquina
- Embolamento de vergalhão de CA60 que ocorre dentro dos roletes devido ao desgaste dos canais.
  - Porta do *pay-off* abre involuntariamente parando a máquina fazendo operador se deslocar até ela para fecha-la e iniciar operação

### 3.2.2 Observação

A etapa de observação consiste em levantar os dados de uma forma aprofundada na parte dos parâmetros e velocidades para cada produto, tempo de abastecimento de máquina, ausência do operador, embolamentos e enleios pois entende-se que são as maiores perdas no processo conforme indicado no Pareto de paradas da Focus no gráfico 01.



Os parâmetros de velocidades de corte e dobra são as mesmas para todos tipos de estribos e não há histórico de testes com diferentes velocidades, razão pelo qual existe uma necessidade e expectativa da análise detalhadas no processo de avanço e dobra do vergalhão para ser transformado no produto pronto (estribo).

Nesta etapa foram utilizadas as ferramentas Carta de controle e 5W1H para explorar alguns itens levantados no item 3.2.1 (Figura 06). De acordo com ABBAS e POSSAMAI, (2008) o método 5W1H é utilizado para alocação de recursos a fim de elaborar um plano de ação, em geral, com o objetivo de melhorar algum processo, produto e, ou serviço.

É uma ferramenta que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas

A Tabela 3 mostras o plano de ação gerado para a etapa de observação do planejamento.

Tabela 2 - 5W1H - Etapa observação do planejamento.

O que	Quem	Quando	Como	Onde	Porquê
Análise das velocidades de avanço e dobra do vergalhão para diferentes tipos de materiais.	Maurício	01/06/15 a 30/06/15	Aumentando no painel do equipamento as velocidades de 75% para 100% em cada estribo e verificar a qualidade do produto. em 1% e fazer uma nova inspeção no estribo.	Painel de comando da focus	Para aumentar a velocidade de corte e dobra do estribo aumentado a capacidade do equipamento
Analisar as	Ramon	01/06/15 a	Serão coletados	Máquina	Para confirmar

dimensões de cada modelo de estribo testado com a velocidade maior que a atual		30/06/15	aleatoriamente 30 estribos do mesmo modelo. Se não atender as especificações do cliente a velocidade deve ser reduzida		se a nova velocidade do equipamento atende as especificações do produto
--	--	----------	--	--	---

Fonte: Autor.

Conforme mencionado anteriormente todos estribos são produzidos com uma mesma velocidade de avanço dos roletes e velocidade no pino de dobra, seguindo a primeira ação do plano contido na tabela 3, iniciou-se os testes de aumento de velocidade no arraste e no pino dobrador do vergalhão.

Tabela 4 – Ganho de produtividade do estribo 12x27

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	12x27	Capacidade antiga	Capacidade atual
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3258,00	<b>5.154,24</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Velocidade Arraste (nova)	100%		
Velocidade Dobra (nova)	90%		
Peso por caixa	18,2		
Qnt. De caixa por hora	24		
Kg/h	436,8		
kg/dia	5154,24		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>1896,24</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>58,20</b>		

Fonte: Autor

Conforme tabela 4, utilizou-se o estribo 12x27cm onde no primeiro teste aumentou as velocidades de arraste e dobra, ambas de 75% para 100% e notou-se que uma das dobras não ficou com a medida especificada pelo cliente devido a grande velocidade em que o material foi dobrado. Após esta falha no teste, reduziu-se a

velocidade de dobra que era 100% passando para 90%, gerando um enorme ganho de produtividade na casa dos 58% e garantido a qualidade do produto dentro das especificações do cliente.

Tabela 5 – Ganho de produtividade no estribo 17x27

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	17x27	Capacidade antiga	Capacidade atual
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3548,00	<b>5.416,20</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	90%		
Peso por caixa	20,4		
Qnt. De caixa por hora	22,5		
Kg/h	459		
kg/dia	5416,2		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>1868,20</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>52,66</b>		

Fonte: Autor

Na tabela 5 mostra o teste feito no estribo de 17x27cm que teve a velocidade de arraste aumentada de 75% para 100% e a velocidade de dobra de 75% para 90% obtendo um ganho de produtividade de 52,66%.

Tabela 6 – Ganho de produtividade no estribo 12x17

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	12x17	Capacidade antiga	Capacidade atual
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3360,00	<b>4.862,96</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	95%		
Peso por caixa	13,97		
Qnt. De caixa por hora	29,5		
Kg/h	412,115		
kg/dia	4862,957		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>1502,96</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>44,73</b>		

Fonte: Autor

Com base na tabela 6, observa-se que no estribo de 12x17cm a velocidade de arraste aumentou de 75% para 100% e a velocidade do pino dobrador foi de 75% para 95% gerando a produtividade de 44,73%.

Tabela 7 – Ganho de produtividade no estribo 12x12

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	12x12	Capacidade antiga	Capacidade atual
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3200,00	<b>4.014,01</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	100%		
Peso por caixa	11,73		
Qnt. De caixa por hora	29		
Kg/h	340,17		
kg/dia	4014,006		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>814,01</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>25,44</b>		

Fonte: Autor

Conforme pode-se observar na tabela 7, os testes apresentaram extremo sucesso pois pode-se evoluir de 75% nas velocidades de arraste e dobra para 100% em ambas contribuindo para um ganho de produtividade na casa dos 25,44%

Tabela 8 – Ganho de produtividade para o estribo 7x27

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	7x27	Capacidade antiga (Kg)	Capacidade atual (Kg)
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3360,00	<b>4.153,60</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	90%		
Peso por caixa	16		
Qnt. De caixa por hora	22		
Kg/h	352		
kg/dia	4153,6		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>793,60</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>23,62</b>		

Fonte: Autor

Com base nas informações da tabela 8 pode-se observar que no estribo de 7x27cm a velocidade de arraste foi aumentada de 75% para 100% e a velocidade de dobra de 75% para 90% totalizando em um ganho de produtividade na casa dos 23,62%.

Tabela 9 – Ganho de produtividade para o estribo 12x22

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	12x22	Capacidade antiga (Kg)	Capacidade atual (Kg)
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3648,00	<b>4.153,60</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	90%		
Peso por caixa	16		
Qnt. De caixa por hora	22		
Kg/h	352		
kg/dia	4153,6		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>505,60</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>13,86</b>		

Fonte: Autor

Conforme pode-se observar na tabela 9 o estribo 12x22 teve sua velocidade de arraste aumentada de 75% para 100% e velocidade de dobra aumentada de 75% para 90% obtendo 13,86% de ganho em produtividade para este item.

Tabela 10 – Ganho de produtividade para o estribo 7x25

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	7x25	Capacidade antiga (Kg)	Capacidade atual (Kg)
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3662,00	<b>4.087,28</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	90%		
Peso por caixa	15,06		
Qnt. De caixa por hora	23		
Kg/h	346,38		
kg/dia	4087,284		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>425,28</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>11,61</b>		

Fonte: Autor

Com base nas informações mostradas na tabela 10, pode-se observar que no estribo 7x25cm a velocidade de arraste foi aumentada de 75% para 100% e a velocidade de dobra foi de 75 para 90% incrementando a produtividade em 11,61% para este item.

Tabela 11 – Ganho de produtividade para o estribo 7x22

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	7x22	Capacidade antiga (Kg)	Capacidade atual (Kg)
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3612,00	<b>3.964,80</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	100%		
Peso por caixa	14		
Qnt. De caixa por hora	24		
Kg/h	336		
kg/dia	3964,8		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>352,80</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>9,77</b>		

Fonte: Autor

Com base na tabela 11 pode-se observar que o estribo 7x22 teve um acréscimo na velocidade de arraste de 75% para 100% e na velocidade de dobra de 75% para 100%, ou seja, ambas velocidades estão usando o recurso máximo da máquina gerando um ganho de produtividade na casa dos 9,77% para este item.

Tabela 12 – Ganho de produtividade no estribo 7x17

PRODUTIVIDADE ESTRIBO - FOCUS			
Estribo	7x17	Capacidade antiga (Kg)	Capacidade atual (Kg)
Velocidade de Arraste (antiga)	75%	3822,00	<b>3.895,42</b>
Velocidade de Dobra (antiga)	75%		
Vel. Arraste	100%		
Vel. Dobra	100%		
Peso por caixa	11,79		
Qnt. De caixa por hora	28		
Kg/h	330,12		
kg/dia	3895,416		
Ganho de Capacidade por dia (Kg)	<b>73,42</b>		
Percentual de ganho (%)	<b>1,92</b>		

Fonte: Autor

Com base nas informações da tabela 12, observa-se que a velocidade de arraste foi aumentada de 75% para 100% e a velocidade de dobra de 75% para



100% aumentando a capacidade diária de produção de 3822 quilos para 3895,42 quilos o que contribuiu em 1,92% de ganho na produtividade deste item.

Tabela 13 – Ganho médio de produtividade comparando o mix de produção de  
Dezembro de 2016

<b>Programa de produção de Dezembro 2016 (sem aumento de produtividade)</b>			
Material	Total Prod. Plan. (Kg)	Total Prod. Conf. (kg)	Material
000000000114001011	4.994,34	10.989,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x25 CX200un
114001012	3.556,00	3.455,980	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x14 CX200un
000000000114001013	4.488,40	7.691,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 17x27 CX200un
000000000114001014	13.358,41	23.496,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x27 CX200un
000000000114001018	1.701,91	3.648,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x22 CX200un
000000000114001020	3.111,76	3.236,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x12 CX200un
000000000114001021	5.182,94	10.359,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x12 CX200un
000000000114001022	6.876,96	13.889,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x17 CX200un
000000000114001023	3.933,12	7.224,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x22 CX200un
000000000114001024	3.233,639	8.414,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x17 CX200un
000000000114001028	4.388,505	6.720,000	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x27 CX200un
<b>Grande Total</b>	<b>54.825,99</b>	<b>99.121,98</b>	
<b>Programa de produção de Dezembro 2016 ( com aumento de produtividade)</b>			
Material	Total Prod. Conf. (kg)	Material	
000000000114001011	12.264,823	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x25 CX200un	
114001012	3.857,219	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x14 CX200un	
000000000114001013	11.741,081	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 17x27 CX200un	
000000000114001014	37.170,672	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x27 CX200un	
000000000114001018	4.153,613	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x22 CX200un	
000000000114001020	4.059,238	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x12 CX200un	
000000000114001021	11.066,520	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x12 CX200un	
000000000114001022	15.139,010	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x17 CX200un	
000000000114001023	7.929,785	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x22 CX200un	
000000000114001024	12.177,582	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 12x17 CX200un	
000000000114001028	8.307,264	ESTRIBO GERDAU 4,2mm 7x27 CX200un	
<b>Grande Total</b>	<b>127.866,81</b>		
<b>GANHO DE PRODUTIVIDADE COMPARANDO O MIX DE PRODUÇÃO DE FEVEREIRO DE 2016</b>			<b>28,99%</b>

Fonte: Autor

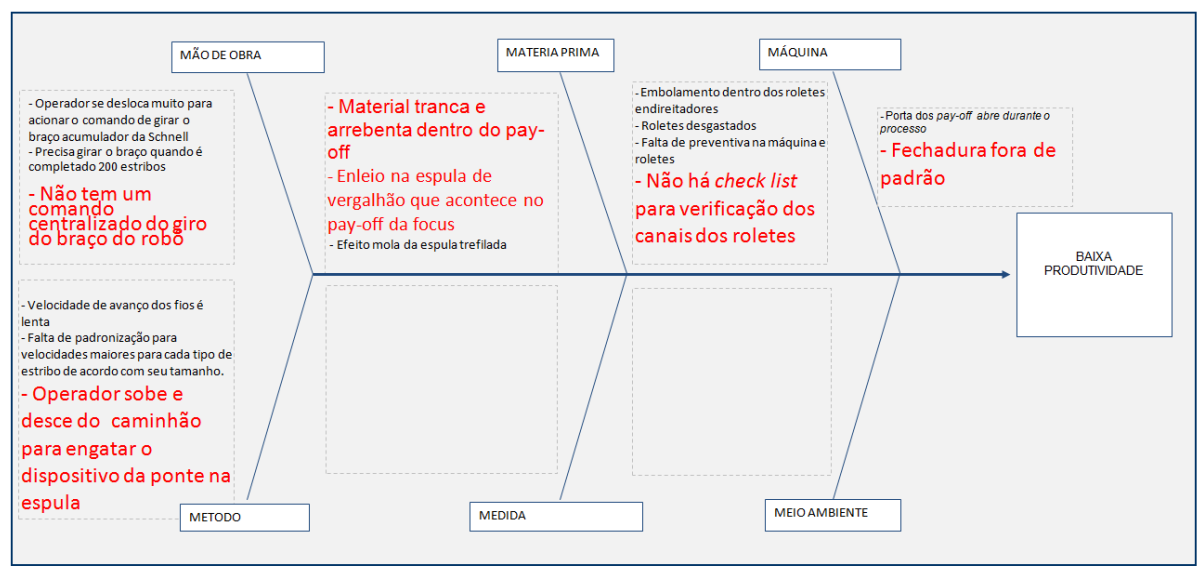
A tabela 13 faz um comparativo do mix de produção dos itens programados para produzir no mês de fevereiro de 2016 e observa-se que com os aumentos de velocidades o ganho de produtividade foi de 28,99%.

### 3.2.3 Análise

Nesta etapa, foram utilizadas duas ferramentas de qualidade para orientar a análise do processo na obtenção de elevar a capacidade de produção da máquina Focus, sendo o diagrama de Ishikawa, realizado com a equipe operacional, mantenedores e liderança da fábrica e a ferramenta matriz GUT, realizado com a equipe mantenedora e liderança da fábrica.

A Figura 17 mostra o diagrama de Ishikawa realizado na terceira etapa do planejamento, foram destacadas as causas fundamentais para melhor visualização do diagrama.

Figura 17 – Diagrama de causa e efeito – Etapa Análise.



Fonte: Autor

A Tabela 14 mostra a matriz GUT, associada a cada causa fundamental destacada na Figura 23, essa matriz será importante na etapa do plano de ação, pois o resultado da pontuação indicará a prioridade e relevância da ação associada a cada causa fundamental.

Tabela 13 - Matriz GUT (gravidade x urgência x tendência).

CAUSA	Gravidade	Urgência	Tendência	TOTAL
-------	-----------	----------	-----------	-------

	A	M	B	A	M	B	A	M	B	
Operador sobe e desce do caminhão para engatar o dispositivo da ponte e movimentar espulas	5			5			5			125
Não existe comando centralizado para fazer o giro do braço do robô	5			5				3		75
Material tranca e arrebeta dentro do <i>pay-off</i>	5			5				3		75
Enleio na espula de vergalhão que acontece dentro do <i>pay-off</i> da Focus		3		5				3		45
Porta do <i>pay-off</i> abre durante o processo	5	3		5				3		75
Não há <i>check list</i> para verificação dos canais dos roletes	5				3		3			45
LEGENDA: A=ALTO / M=MÉDIO / B=BAIXO										

Fonte: Autor

### 3.2.4 Plano de Ação

Após a identificação, observação e análise da condição atual do processo, chega o momento de se confeccionar o plano de ação utilizando a ferramenta 5W1H para que as oportunidades levantadas, sejam realizadas e concluídas conforme planejamento e definição de prioridades observados na Tabela 14.

A Tabela 15 mostra o plano de ação gerado nessa 4ª etapa do planejamento do ciclo PDCA.

Tabela 14 - 5W1H - Etapa plano de ação do planejamento.

O que	Quem	Quando	Como	Onde	Porquê
Alterar método de descarregamento de espulas	Bruna	01/06/15 a 20/06/15	Analisando o processo e verificando as perdas por movimentos do operador	Carreta de transporte espulas e estoque	Reduzir o tempo de abastecimento de máquina
Centralizar o painel de giro do robô da máquina do lado próximo a máquina que o operador opera	Carlos	15/06/15 a 20/07/15	Instalando um novo quadro de comando da máquina ao lado no painel de comando do robô da Focus	Sistema de giro do robô da Focus	Para reduzir o deslocamento do operador do Focus até o comando de giro do robô da máquina do lado, reduzindo a parada de ausência de operador
Instalar guias de vergalhão no <i>pay-off</i> da Focus	Bruna	15/06/15 a 20/07/15	Posicionando guias para os três fios de vergalhão que saem da espula até a entrada da máquina	<i>Pay-off</i>	Reduzir as paradas da máquina por enleio
Instalar sensores anti-enleio no <i>pay-off</i>	Maurício	01/07/15 a 30/07/15	Instalando sensores no primeiro braço guia de desbobinamento da espula	<i>Pay-off</i>	Reduzir as paradas da máquina por enleio

Instalar pedal para frear as espulas	Maurício	01/07/15 a 30/07/15	Instalando pedal próximo ao painel de comando do operador	<i>Painel de comando</i>	Parar o desbobinamento das espulas assim que as 200 unidades de estribos forem concluídas evitando formação de enleio
Substituir fechadura convencional do <i>pay-off</i> por fechadura travada eletronicamente	Maurício	10/07/15 a 10/08/15	Substituindo fechadura convencional pela Inter travada	Sistema de compras.	Para porta não abrir enquanto a máquina está em funcionamento
Criar check-list para verificar desgaste dos roletes endireitadores	Maurício	10/08/15 a 10/09/15	Incluindo na rotina diária do operador a inspeção visual dos canais dos roletes endireitadores da focus	Produção	Para substituir os roletes antes que os canais estejam desgastados reduzindo o embolamento do vergalhão entre os roletes e o tempo de regulagem de máquina

Fonte: Autor

### 3.3 EXECUÇÃO (DO)

As ações descritas na Tabela 15 foram realizadas conforme planejamento, a Tabela 16 mostra a realização de cada ação.

Tabela 16 – Ações realizadas – etapa execução

O que	Quem	Realizado
Alterar método de descarregamento de espulas	Bruna	- Foi analisado todas movimentações que o operador faz para realizar o descarregamento de espula e chegou à conclusão que ele subia na carreta para posicionar o dispositivo sob a espula. Com isso o padrão de abastecimento foi alterado especificando que o operador pode posicionar o dispositivo da ponte rolante em cima da espula sem que precise subir na carreta
Centralizar o painel de giro do robô da máquina do lado próximo a máquina que o operador opera	Carlos	Foi instalado um quadro de comando centralizado para que o operador gire o braço do robô da máquina do lado. Ver detalhes no item 3.2.1
Instalar guias de vergalhão no <i>pay-off</i> da Focus	Bruna	Foram instalados novos guias dentro do <i>pay-off</i> da focus Ver detalhes no item 3.2.2
Instalar sensores anti-enleio no <i>pay-off</i>	Maurício	Foram comprados 4 sensores anti-enleio e instalados nos braços que auxiliam no desbobinamento das espulas Ver detalhes no item 3.2.2
Instalar pedal para frear as espulas	Maurício	Foi instalado um pedal de freio das espulas próximo ao operador Ver detalhes no item 3.2.2
Substituir fechadura convencional do <i>pay-off</i> por fechadura travada eletronicamente	Maurício	Foi comprado e instalado uma fechadura eletrônica Ver detalhes no item 3.2.1
Criar check-list para verificar desgaste dos roletes endireitadores	Maurício	Foi Inserido na inspeção de rotina operacional a verificação dos canais dos roletes.

Fonte: Autor

### 3.3.1 Centralização do painel de comando e fechadura automática

Conforme visto no gráfico 01, o terceiro maior motivo de parada de máquina é “ausência de operador” e com a análise de movimentos feito dentro da célula de estribos notou-se que o operador ficava em média 3,05 horas ausente da máquina Focus para se deslocar até o painel de comando para fazer o giro do robô da máquina do lado, então, definiu-se no planejamento a instalação de um novo painel de forma que ele ficasse centralizado próximo a Focus evitando que o operador parasse a máquina para se deslocar e fazer o giro do robô da máquina ao lado.

Outro motivo da ausência de operador era que durante o processo de fabricação do estribo a porta que dá acesso ao *pay-off* da Focus abria involuntariamente e parava-se o equipamento para fechá-la, logo para eliminar esta falha foi instalado uma fechadura eletrônica.

A figura 18 ilustra com mais detalhes a centralização dos painéis e a figura 19 mostra a fechadura eletrônica que só permite abrir a porta se a máquina estiver parada

Figura 18 – centralização do painel de giro do robô da máquina do lado





Fonte: Autor

Figura 19 – Fechadura eletrônica da porta do *pay-off*



Fonte: Autor

Após verificar os ganhos que obteve com a fechadura eletrônica na porta do *pay-off*, será analisado os possíveis ganhos através do sistema anti-enleios

### 3.3.2 Sistemas anti-enleios

O enleio é uma espécie de nó que acontece durante o processo de desbobinamento da espula dentro do *pay-off* da Focus. Esta falha é gerada devido ao tensionamento associado ao efeito mola da espula que está formatada e comprimida em espiras. Conforme pode-se observar no gráfico 01, a parada de máquina devido ao enleio está entre as 5 maiores paradas da Focus motivo pelo qual foi necessário a instalação de guias ao longo do *pay-off* até a entrada dos roletes da máquina.

O *pay-off* da Focus possui braços alongadores que servem para auxiliar no desbobinamento da espula mantendo o fio de vergalhão esticado e com sistema de molas que suavizam o enleio, porém muitas vezes o vergalhão rompia. Logo para evitar estas paradas longas devido ao rompimento, foram instalados sensores anti-enleio nos braços do *pay-off* que paralisa a máquina quando o braço sobre um contrapeso evitando o rompimento do vergalhão.

Toda vez que a Focus parava para fazer o giro do robô que acumula os estribos, as espulas que ficam no *pay-off* continuavam girando devido a inercia, entretanto, este giro formava uma torção no fio do vergalhão que está sendo desbobinada e conseqüentemente ocasionava o enleio. Para eliminar esta falha foi instalado o pedal para frenagem das espulas no *pay-off*.

As figuras 20, 21 e 22 ilustram as guias que foram instaladas no *pay-off*, os sensores anti-enleio que foram instalados nos braços alongadores e o pedal de frenagem das espulas.

Figura 20 – Guias anti-enleio instaladas no *pay-off*



Fonte: Autor

Figura 21 – Sensores anti-enleio que foram instalados nos braços alongadores



Fonte: Autor

Figura 22 – Pedal de frenagem das espulas



Fonte: Autor

Após verificar os ganhos que obteve com a instalação do sistema anti-enleio e o pedal de frenagem das espulas será contextualizado a terceira etapa do ciclo PDCA, a etapa de verificação (*check*).

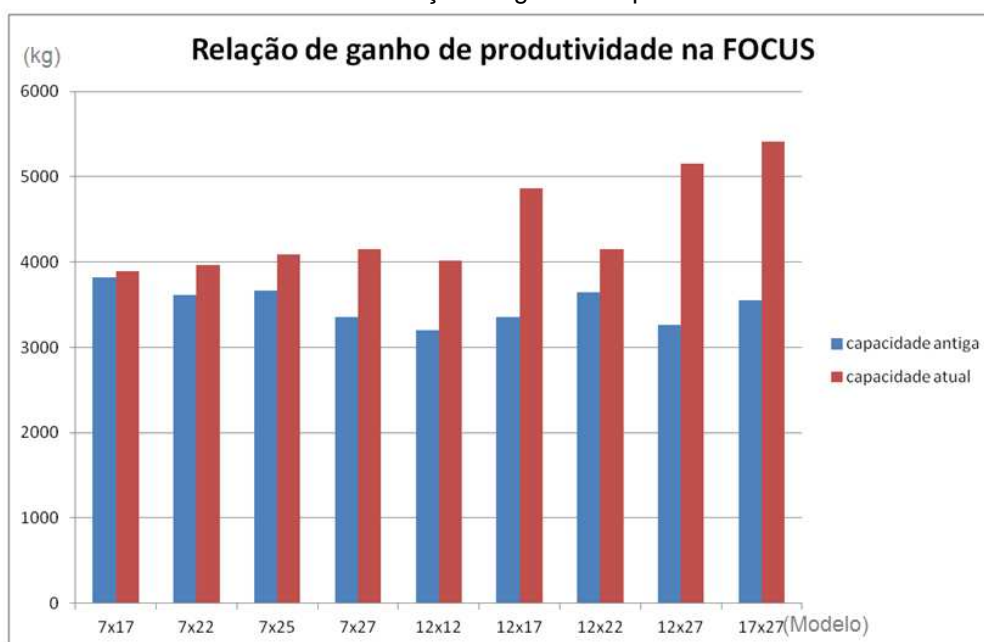
### 3.4 VERIFICAÇÃO (CHECK)

A verificação do projeto foi realizada considerando cinco indicadores que são:

- Produção diária da máquina Focus para cada modelo de estribo, ou seja, tonelada produzida durante um dia que compreende 16 horas de trabalho,
- Tempo de abastecimento de máquina, tempo de máquina parada devido embolamento,
- Tempo de máquina parada devido à ausência de operador
- Tempo de máquina parada devido ao enleio da matéria prima dentro do *pay-off*.

O período de verificação compreendeu os meses de outubro, novembro e dezembro de 2015, pois a última ação foi concluída em 10 de setembro de 2015.

Gráfico 02 – Relação de ganho de produtividade

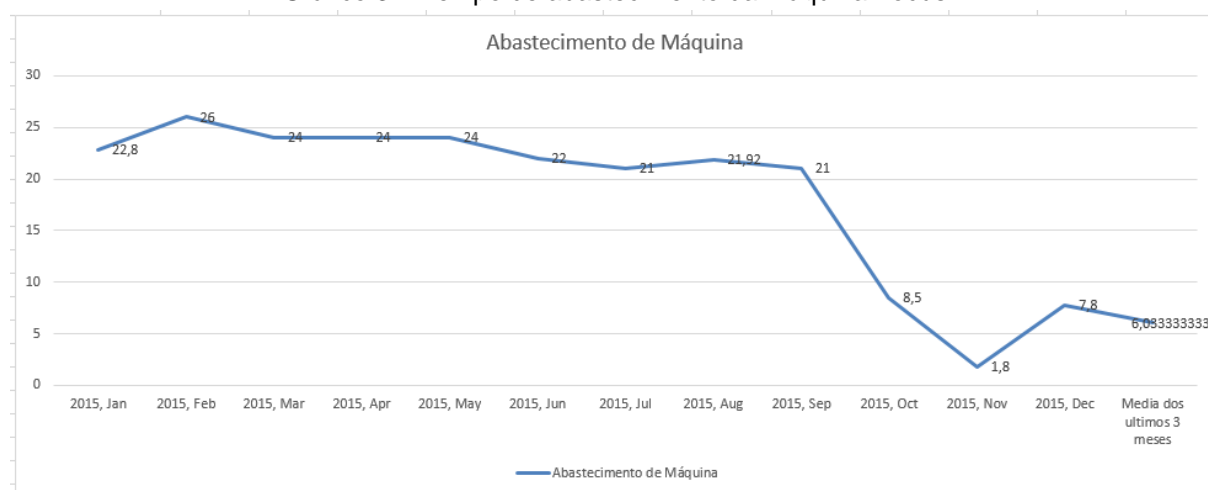


Fonte: Autor

A figura 02 mostra a relação de ganho de produtividade em todos os modelos de estribo que são produzidos na máquina Focus, na média o ganho de produtividade ficou 24,46% número acima do previsto no início do projeto.

O gráfico3 mostra o ganho obtido com a redução no tempo de abastecimento que foi reduzido da média de 22,92 horas/mês, período de janeiro a setembro de 2015, chegando ao tempo médio de 6,03 horas/mês representando em 73,69 % de redução no período da verificação que compreende os meses de outubro a dezembro de 2015.

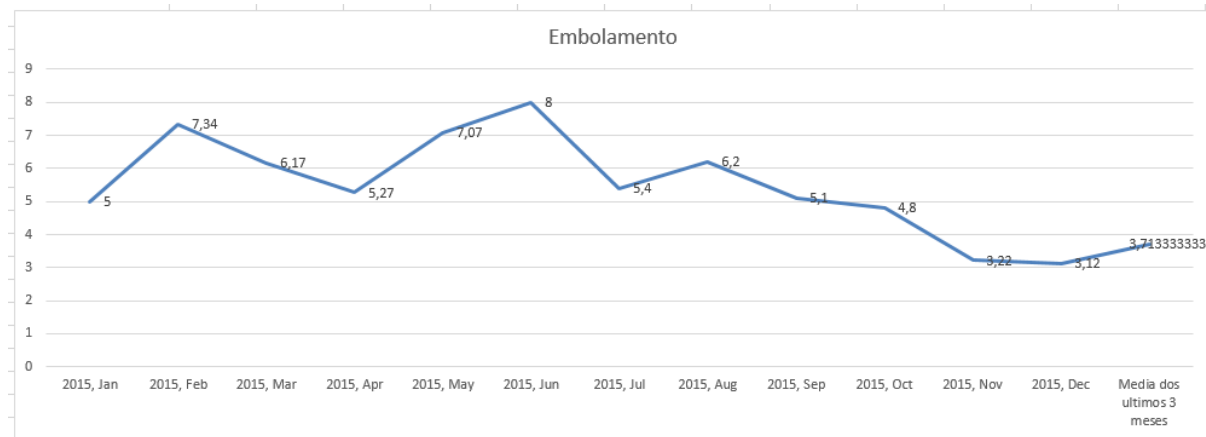
Gráfico 3 – Tempo de abastecimento da máquina Focus



Fonte: Autor

O Gráfico 4 ilustra o ganho obtido no período de verificação, que compreende o período de outubro a dezembro de 2015, para o tempo de máquina parada por embolamento de material que era na média de 6,17 horas/mês passando para a média de 3,71 horas, ganho que representou em 39,87% comparando com os meses de janeiro a setembro de 2015

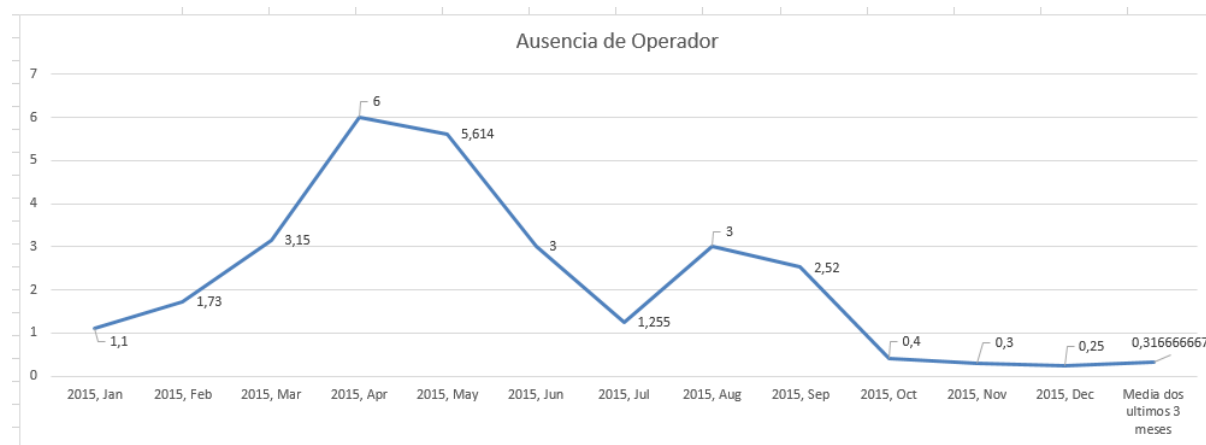
Gráfico 4 – Tempo de máquina parada por embolamento de material



Fonte: Autor

O Gráfico 5 mostra a redução no tempo de máquina parada no período de verificação que compreende de outubro de 2015 até dezembro de 2015 ocorrida devido a ausência do operador decorrente do deslocamento dele até a máquina ao lado para fazer o giro do Robô e também porque precisava sair do equipamento para fechar a porta que se abria durante o processo produtivo. Esta redução chegou a uma média de 0,31 horas/mês frente a parada que existia antes do projeto que era de 3,05 horas/mês (em média) ganho que chega a 89,83%.

Gráfico 5 – Tempo de máquina parada por ausência de operador

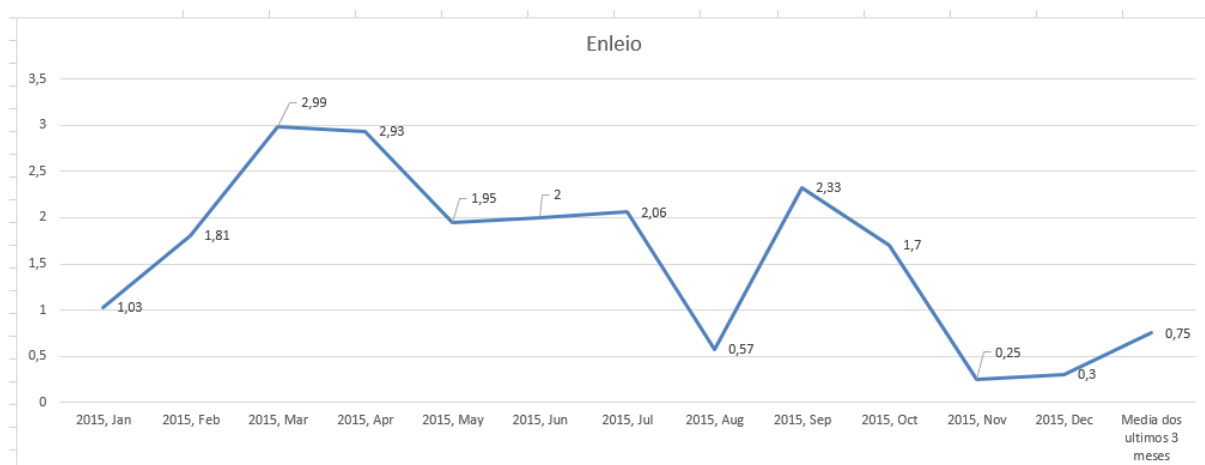


Fonte: Autor



O gráfico 6 mostra a redução no tempo de máquina parada devido ao problema de enleios, conforme pode-se observar a redução foi de 1,95 horas/mês para 0,75 horas/mês, em média, ou 61,58% de redução no tempo de máquina parada durante o período de verificação que compreende os meses de outubro a dezembro 2015

Gráfico 6 – Tempo de máquina parada por enleios



Fonte: Autor

### 3.1 AGIR (ACTION)

Esta fase consiste em replanejar alguma análise ou ação caso os resultados esperados não tenham sido atendidos. No item 3.3 deste trabalho, verificou-se que os cinco indicadores apresentaram evolução positiva que contribuiriam com o resultado de produção diária da máquina Focus.

Devido não haver necessidade de replanejar ou ajustar qualquer cenário, utilizou-se essa fase para padronizar todos os parâmetros que foram alterados na máquina, como:

- Padronização das velocidades para cada modelo de estribo;
- Padronização da forma de abastecimento da máquina;

- Padronização de do posicionamento do operador quanto ao giro do robô da máquina ao lado;
- Padronização de quando deve ser usado o pedal de frenagem das espulas;
- Padronização de como introduzir o fio de vergalhão nos guias do *pay-off*;
- Padronização na inspeção dos roletes endireitadores
- Lista técnica e roteiros de produção foram ajustados junto a equipe de programação em função dos novos valores de produção diária.

No total, foram revisados quatro padrões de rotina para adequar cada tópico acima citado.

#### **4 RESULTADOS**

A seguir serão mostrados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia PDCA no processo de fabricação de estribos, conforme observado no Capítulo 3 deste trabalho.

##### **Aumento das velocidades da maquina Focus:**

- O aumento das velocidades foi realizada nos produtos 12x27cm, 17x27cm e 12x17cm e devido ao resultado obtido, essas alterações foram ampliadas aos demais produtos como 7x27cm, 12x22cm, 7x25cm, 7x22cm e 7x17cm.
- O resultado obtido na otimização das velocidades representou aproximadamente 24,46% na capacidade de produção total aumentada.

### **Abastecimento de máquina**

- Conforme observado no gráfico 03, o tempo que a máquina Focus ficava parada para realizar o abastecimento apresentava valores entre 21 a 26 horas por mês. Com a realização das ações propostas, estes valores foram reduzidos para uma média mensal de 6,03 horas.

### **Embolamento de material**

- Conforme observado no gráfico 04, o tempo médio que a máquina Focus ficava parada devido ao embolamento do material nos roletes era entre 5 a 8 horas por mês. Com a realização das ações o tempo de máquina parada caiu para uma média de 3,71 horas.

### **Ausência de operador**

- Conforme observado no gráfico 05, o tempo que a máquina Focus ficava parada devido a ausência do operador apresentava valores entre 1 a 6 horas por mês. Com a realização das ações propostas, estes valores foram reduzidos para aproximadamente 0,25 a 0,4 horas por mês.

### **Enleio**

- Conforme observado no gráfico 06, o tempo que a máquina Focus ficava parada devido ao enleio apresentava valores entre 0,57 a 2,33 horas por mês. Com a realização das ações propostas, estes valores foram reduzidos para aproximadamente 0,25 a 0,75 horas por mês.

A evolução total do trabalho, a qual reúne as ações realizadas no abastecimento de máquina, embolamento, ausência de operador e enleio, antes e após o ciclo PDCA, respectivamente, representa 23,29 horas ou 1,45 dias de aumento na disponibilidade da máquina, que antes ficava parada.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a aplicação do método PDCA para elevar a capacidade de produção no processo de fabricação de estribos em uma siderúrgica de grande porte, o método foi aplicado seguindo as fases de planejamento, execução, verificação e de agir. Nas primeiras fases foram utilizadas ferramentas da qualidade como diagrama de Ishikawa e diagrama de Pareto para auxiliar nas análises do processo, a definição da priorização das ações foi auxiliada pela matriz GUT, e por fim, a definição do plano de ação de melhoria do processo.

Com a utilização do diagrama de Ishikawa pode-se conhecer as diversas e principais causas que afetavam na capacidade de produção da máquina de estribo (Focus).

A utilização do gráfico de Pareto mostrou claramente o problema de maior relevância e também o quanto este impactava em horas no final de cada mês, compreende-se de forma clara a representação dos problemas através desse diagrama ao invés de uma tabela.

Vale ressaltar que a ferramenta matriz GUT se mostrou de forma eficaz e eficiente pois seguindo a metodologia, verifica-se que todas os problemas levantados e considerados importantes quanto ao impacto negativo do processo, nem sempre apresentam a mesma relevância de importância para solucioná-las, desta forma, a ferramenta auxiliar o gestor da área no direcionamento do recurso certo na intensidade adequada para solucioná-la.

Com a aplicação do método PDCA cada fase se apresenta de forma clara, objetiva e assertiva, as análises realizadas com a equipe operacional retornam com respostas e condições reais, que não se consegue extrair somente de sistemas, ou relatórios de produção.

Pode se observar que em relação ao resultado total do projeto, 24,46% refere-se ao aumento de velocidade para os diferentes tipos de produtos, o restante

foi distribuído entre ações realizadas no abastecimento de máquina, embolamento de material, ausência de operador e enleios.

Com a disponibilidade de 320 horas por mês, obtida pela otimização no tempo de abastecimento de material, otimização no tempo de embolamento, otimização no tempo de máquina parada devido ausência do operador e redução no tempo que a máquina ficava parada devido a enleios, obtêm-se um incremento mensal total de 23,29 horas disponíveis para novas produções, no qual convertendo em produção (t) resulta em aproximadamente 6,6 toneladas mês.

O aumento da capacidade de produção representa um ganho financeiro considerável, o qual potencializa o índice de competitividade no mercado, associado ao ganho qualitativo devido ao melhor atendimento a clientes, devido evolução nas entregas desse produto para o segmento da construção civil.

Este aumento de capacidade de produção faz com que a empresa consiga suprir a demanda do mercado, podendo também prospectar novos clientes.

Com esse projeto foi possível mostrar que é possível elevar a capacidade de produção e a qualidade dos produtos, mesmo sem a necessidade de grandes investimentos.

Conclui-se que para aumentar a capacidade de produção da máquina Focus foi necessário seguir corretamente cada fase do ciclo PDCA, avaliar todo o cenário de produção, bem como: organização, equipe, matéria prima, parametrização da máquina, padronização, programação, movimentação, etc., pois cada dimensão apresenta um detalhe que se ajustado adequadamente impacta diretamente no resultado do projeto.

Em particular, o uso da metodologia apresentada pelo PDCA se mostrou eficaz, pois de forma intuitiva norteava as tomadas de ações.

Esse trabalho poderia servir como base para uma nova investigação de aumento de produtividade em outra planta do grupo da empresa ALFA, situada no Rio de Janeiro.

