

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
JONATHAN WILLIAM MORAES GONÇALVES

**AUMENTO DA VIDA ÚTIL DE ROLETES EM GUIAS
DE LAMINAÇÃO**

Taubaté - SP
2019

JONATHAN WILLIAM MORAES GONÇALVES

**AUMENTO DA VIDA ÚTIL DE ROLETES EM GUIAS
DE LAMINAÇÃO**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. José Carlos Sávio de
Souza

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

G635a Gonçalves, Jonathan William Moraes
 Aumento da vida útil de roletes em guias de laminação / Jonathan William
 Moraes Gonçalves. -- 2019.
 34 f. : il.

 Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
 Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

 Orientação: Prof. Me. José Carlos de Sávio de Souza, Departamento de
 Engenharia Mecânica

 1. Desgaste. 2. Laminação. 3. Melhoria. 4. Roletes. I. Título.
 II. Graduação em Engenharia Mecânica.

CDD – 671

JONATHAN WILLIAM MORAES GONÇALVES

AUMENTO DA VIDA ÚTIL DE ROLETES EM GUIAS DE LAMINAÇÃO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Me. FABIO HENRIQUE FONSECA SANTEJANI
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. JOSÉ CARLOS SÁVIO DE SOUZA
Orientador do Trabalho de Graduação

Prof. Me. CARLOS EVANY PINTO
Convidado

30/05/2019

Dedico este trabalho à minha esposa Bruna Sales,
e a todos os meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

À minha amada esposa, Bruna Sales, que acompanha de perto minha trajetória, me apoiando e incentivando em todos os momentos.

Aos meus pais Ronaldo e Rosana, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

Ao meu orientador, Prof. José Carlos Sávio de Souza por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

“Não tentes ser bem sucedido,
tenta antes ser um homem de valor.”

Albert Einstein

RESUMO

A evolução dos ferramentais e equipamentos nos processos industriais tem contribuição significativa no desenvolvimento e conseqüentemente no aumento de competitividade no setor siderúrgico. No processo de Laminação as guias roletadas são muito importantes, pois atuam diretamente na conformação, e estabilidade do material. Um dos grandes desafios para o processo de laminação é ter a maior eficiência possível no desgaste de roletes em guias de entrada laminadoras, sendo assim, a utilização incorreta ou com desgaste pode gerar defeitos de laminação, tais como riscos, dobras, ovalização, marcas superficiais, entre outros. O objetivo desse trabalho foi realizar um estudo onde ocorra um aperfeiçoamento no uso dos roletes, obtendo maior rendimento possível para que possa gerar maior tempo de troca e principalmente menor desgaste, conseqüentemente tendo ganhos com menor retirada de material na usinagem. O desafio do trabalho consistiu em buscar novos perfis, para que estes roletes consigam ter maior aderência com o material a ser laminado, assim como buscar melhorias para o sistema de refrigeração e lubrificação desses roletes, que em média estão submetidos a uma temperatura de 600°C até 900°C e principalmente realizar um estudo para utilização de um aço adequado no material dos roletes e que tenha propriedades melhores para suportar o desgaste. Este trabalho foi elaborado através de pesquisa exploratória buscando fontes literárias, para quantificar os valores mensurados no trabalho. Está sendo realizado em estudo de caso, para análises melhorias em todos os aspectos do processo em estudo. Evidenciou-se através deste trabalho a importância dos estudos relacionados à área da conformação mecânica, e a necessidade do aumento de pesquisas neste área. Conclui-se, portanto, que com o aperfeiçoamento do processo, será obtida uma economia no tempo da produção assim como dos materiais, gerando lucros com essa economia.

Palavras-Chave: Roletes. Laminação. Desgaste. Melhoria.

ABSTRACT

The evolution of tooling and equipment in industrial processes has a significant contribution in the development and consequently in the increase of competitiveness in the steel sector. In the Lamination process the roletadas guides are very important, because they act directly in the conformation, and stability of the material. One of the great challenges for the rolling process is to have the greatest possible efficiency in roller wear on laminating guide rails, so misuse or wear can lead to lamination defects such as scratches, bending, ovalisation, surface marks , among others. The objective of this work is to carry out a study in which an improvement in the use of the rollers occurs, obtaining a higher yield possible so that it can generate more time of exchange and mainly less wear, consequently having gains with less removal of material in the machining. The challenge of the work is to look for new profiles, so that these rollers can have greater adhesion with the material to be rolled, also look for improvements to the cooling and lubrication system of these rollers, which on average are subjected to a temperature of 600 ° C up to 900 ° C and mainly perform a study for use of a suitable steel in the roller material and having better properties to withstand the wear. This work is elaborated through an exploratory research looking for literary sources, to quantify the values measured in the work. It is being carried out in a case study, for analysis of improvements in all aspects of the process being studied. It is evidenced through this work the importance of studies related to the area of mechanical conformation, and the need for increased research in this area. It is concluded, therefore, that with the improvement of the process, an economy will be obtained in the time of production as well as of the materials, generating profits with this economy.

Keywords: Rollers. Lamination. Wear. Improvement.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- PROCESSO ANTIGO DE LAMINAÇÃO	13
FIGURA 2- ETAPA DE EXECUÇÃO DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO.....	14
FIGURA 3- RISCO ABERTO SOBRE A SUPERFÍCIE DE UM MATERIAL LAMINADO	15
FIGURA 4 - MECANISMO DE FORMAÇÃO DE DOBRAS NA LAMINAÇÃO.....	16
FIGURA 5- LAMINAÇÃO DE REDONDO COM GUIAS DE ENTRADA E DE SAÍDA..	18
FIGURA 6 - GUIAS DE ENTRADA COM DOIS ROLETES	20
FIGURA 7 - POSICIONAMENTO DOS ROLETES EM CONTATO COM O MATERIAL	20
FIGURA 8 - ILUSTRAÇÃO POSICIONAMENTO DAS GUIAS DE SAÍDA	21
FIGURA 9 - COMPARAÇÃO DE ROLETES COM E SEM DESGASTE	22
FIGURA 10 - ESQUEMA DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO AR / ÓLEO	24
FIGURA 11 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	27
FIGURA 12 – ALINHAMENTO DOS ROLETES.....	28
FIGURA 13 – PONTO DE REFRIGERAÇÃO	29
FIGURA 14 – FLUXOSTATO E PRESSOSTATO	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – NOVA PROPOSTA DE AÇO PARA OS ROLETES.....	28
TABELA 2 – PLANO DE MANUTENÇÃO	30
TABELA 3 – CHECK-LIST MANUTENÇÃO	31
TABELA 4 – ESTIMATIVA DE TROCAS DE GUIAS NO ANO, ANTES E APÓS ESTUDO	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1.OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	12
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	12
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 PROCESSO DE LAMINAÇÃO	13
2.2 DEFEITOS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO	15
2.2.1 Riscos de Laminação	15
2.2.2 Dobras de Laminação	16
2.3 GUIAS DE LAMINAÇÃO	17
2.3.1 Tipos de Guias de Laminação	18
2.3.1.1 Guias de entrada	18
2.3.1.2 Guias de entrada Roletadas	18
2.3.1.3 Guias de saída	21
2.4 ROLETES DE LAMINAÇÃO	22
2.5 LUBRIFICAÇÃO DOS ROLETES.....	23
2.4.1 Lubrificação por graxa	23
2.4.2 Lubrificação ar/óleo	24
2.6 REFRIGERAÇÃO DOS ROLETES DE LAMINAÇÃO	25
3 METODOLOGIA	26
4 DESENVOLVIMENTO	27
4.1 ESTUDO DE CASO	27
4.1.1 Material e Alinhamento dos Roletes	28
4.1.2 Refrigeração dos Roletes	29
4.1.3 Lubrificação dos Roletes	30
4.1.4 Check-List de acompanhamento	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Frente a um cenário mundial de grande concorrência, é de extrema importância para as empresas, que consigam se adaptar aos desafios e superarem limites. No setor siderúrgico, a busca por desempenho, redução de custos e tecnologia é uma temática que deve ser considerada como um fator de sobrevivência. As indústrias iniciam uma série de ações voltadas para melhorar a estabilidade em seus processos com a diminuição de desperdício e melhoria no desempenho. Movimentos como implantação de novos materiais que procuram à diminuição do desgaste e o aumento da vida útil do equipamento, diminuindo interrupções operacionais que minimizam a intervenção, têm contribuído muito para a redução dos custos operacionais.

O estudo na redução do desgaste em roletes de laminação vai de encontro ao conhecimento de como se comporta de cada tipo de material com o produto em processo, temperatura e esforços que estão sendo aplicados. Um rolete mais resistente gera um melhor desempenho operacional, diminuindo o consumo de material e com isso a redução de custos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento de roletes em guias de um processo de laminação alterando parâmetros para que se consiga um menor desgaste.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Diminuir desgaste dos roletes
- b) Diminuir setup entre guias
- c) Menores interrupções do laminador
- d) Menor retirada de material na usinagem dos roletes
- e) Diminuição de defeitos por dobra e risco

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho ofereceu uma visão geral de um processo de laminação com guias de entrada em passes de laminação com guias roletadas, e teve como principal função realizar um estudo para que possa se obter ganhos dentro do processo com o aumento da vida útil dos roletes em guias de laminação. Este trabalho, apesar de oferecer uma visão geral sobre o processo de laminação, não abordou cálculos detalhados, custos e todos os processos empregados, uma vez que essas informações fazem parte do sigilo industrial.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Por meio do estudo de caso realizado, foi possível identificar perdas significativas no processo de laminação, devido aos altos índices de desgaste em roletes. Esses problemas identificados têm impacto direto no aumento dos custos do processo, comprometendo os prazos estabelecidos para o cronograma de produção. Com a competitividade do mercado atual, a busca por redução de custos nos processos, alinhada com a qualidade nos mesmos, tem sido um dos principais objetivos a serem alcançados pelas empresas.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em seis capítulos, onde no primeiro capítulo encontram-se a Introdução, Objetivos, Delimitação e Relevância do estudo realizado.

No segundo capítulo, denominado Revisão Bibliográfica, foi retratado em um contexto geral o processo de laminação e os conceitos técnicos do projeto.

No terceiro capítulo tem-se a Metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho.

No quarto e quinto capítulos foram abordados os Resultados e Discussões e a Conclusão do trabalho, respectivamente, seguidos das necessárias Referências utilizadas para compor este trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROCESSO DE LAMINAÇÃO

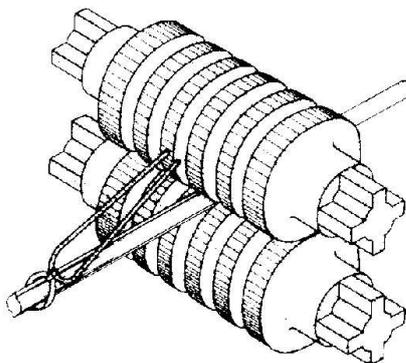
Segundo (RIZZO, 2007) Processo de Laminação está incluído na categoria denominada moldagem, pertencendo à subcategoria de conformação a partir de um sólido. Estes processos também são denominados de Processos de Conformação Mecânica ou Processos de Conformação Plástica. O desenvolvimento tecnológico do processo de laminação é antigo, tem cerca de 150 anos, quando foram incrementados os meios de produção do aço.

Ainda segundo o autor, desenvolveram-se os recursos de acionamento dos cilindros com o início do uso das máquinas a vapor em substituição às primitivas rodas d'água. Finalmente, o desenvolvimento do acionamento por motores elétricos cada vez mais versáteis trouxe o processo à situação atual.

Os laminadores primitivos possuíam apenas as gaiolas e os cilindros com os seus mancais e seus acionamentos. O material laminado era posicionado nos canais e, durante a laminação, era mantido em posição por meio de tenazes manuais. Por essa razão, esse processo ficou conhecido como laminação à mão (Figura 1).

Durante a laminação, operadores (laminadores) introduziam o material do lado da entrada, no canal de laminação, e o seguravam para evitar que tombasse ou se desviasse desse canal. Do lado da saída, outros operadores seguravam e conduziam o material. Assim, repetindo diversas vezes essa operação, conseguia-se produzir barras, normalmente de seções redondas, quadradas ou retangulares (chatos) (RIZZO, 2007).

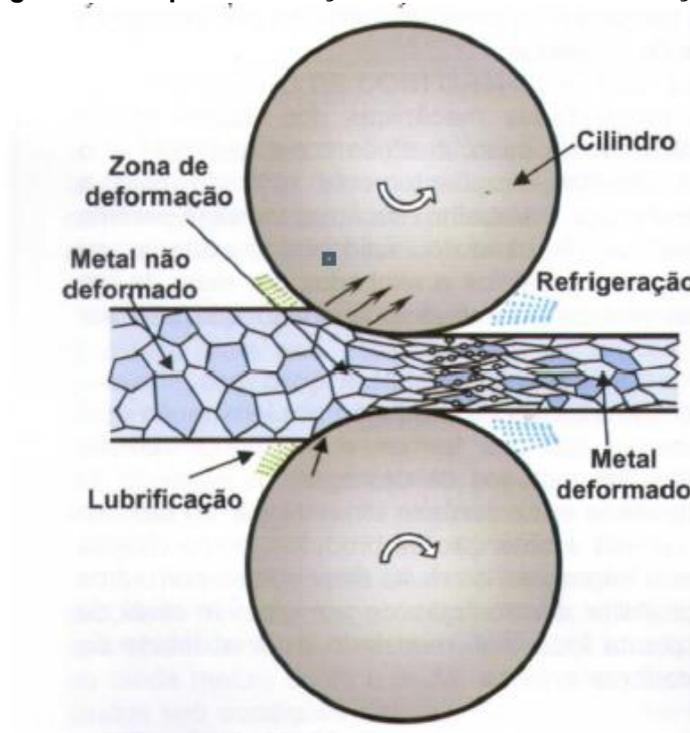
Figura 1- Processo antigo de laminação



De acordo com (RIZZO, 2007) laminação é um processo de conformação mecânica onde o material a ser produzido passa entre dois cilindros, girando em sentidos contrários, com a mesma velocidade superficial e separados entre si a uma distância menor que o valor do tamanho inicial do material a ser deformado (Figura 2). Ao passar (laminar) entre os cilindros a tensão criada entre o passe (produto em processamento) gera uma deformação plástica, na qual a espessura é reduzida o comprimento aumentado e a largura pode ser aumentada ou reduzida, em alguns laminadores esta largura não é alterada.

A passagem do material entre os cilindros, conforme representado na (Figura 2), ocorre apor meio da ação da força de atrito que atua na superfície de contato entre as peças e os cilindros. Essa força é próxima ao coeficiente de atrito entre a peça e cilindro e à força normal na superfície de contato. A força normal dividida pela área da superfície de contato é a pressão exercida pelos cilindros que, por sua vez resulta da resistência à deformação plástica do material da peça (MOURÃO, 2007).

Figura 2 – Etapa de execução do Processo de Laminação.



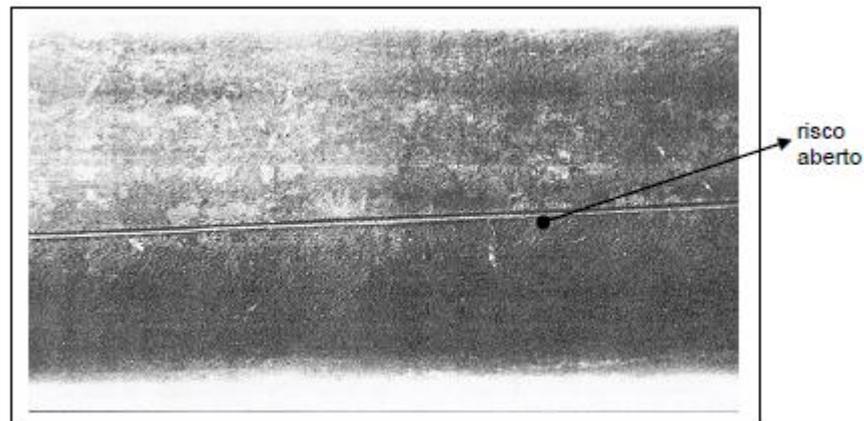
Fonte: Rizzo (2007)

2.2 DEFEITOS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO

2.2.1 Riscos de Laminação

Os riscos são marcas longitudinais produzidas na superfície dos produtos laminados, conforme representado (Figura 3), são decorrentes de cortes da superfície por arestas ou objetos pontiagudos durante o processo de laminação. O material laminado desloca-se, friccionando em partes do laminador como guias, calhas, condutores etc. Caso, nesses equipamentos, exista arestas ou partes pontiagudas, o material laminado será cortado, ocorrendo então o arrancamento de uma tira de metal (CRAMER, 2003)

Figura 3- Risco aberto sobre a superfície de um material laminado



Fonte: Apostila técnica de laminação Defeitos em Materiais LM-016 (2009)

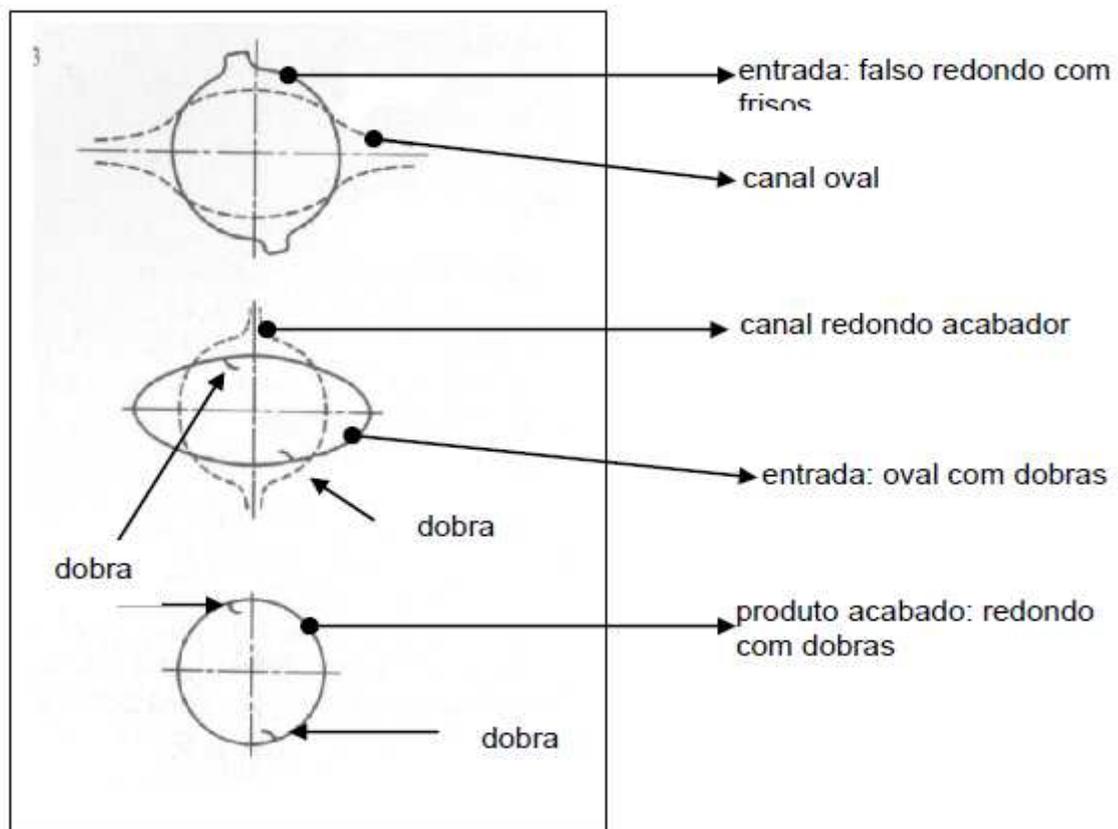
. Os riscos abertos são facilmente detectáveis visualmente, mesmo sem remoção da carepa superficial do material laminado. As possíveis causas dos riscos de laminação são:

- a) Calha de laminação desalinhada
- b) Roletes em guias de laminação travados ou com marcas
- c) Guias de entrada e saída desalinhadas
- d) Cilindros de laminação com marcas

2.2.2 Dobras de laminação

São defeitos superficiais que se desenvolvem no sentido longitudinal dos produtos laminados e que se originam pelo rebatimento e recalque de saliências ou arestas existentes em um ou mais passes da sequência de laminação, conforme representado na (Figura 4) (COLPAERT,2001).

Figura 4 – Mecanismo de Formação de Dobras na Laminação



Fonte: (COLPAERT,2001)

As dobras de laminação podem ser contínuas ao longo de todo o produto acabado ou ser descontínuas e até intermitentes. O defeito pode ser detectado visualmente após a remoção da carepa superficial, em amostras decapadas ou jateadas. São possíveis causas de dobras de laminação.

- Frises em passes intermediários da sequência de laminação.
- Roletes em guias de laminação travados ou com marcas
- Guias de entrada e saída desalinhadas

2.3 GUIAS DE LAMINAÇÃO

Segundo (CARDOSO, 2013), as guias foram inicialmente pensadas como um recurso facilitador:

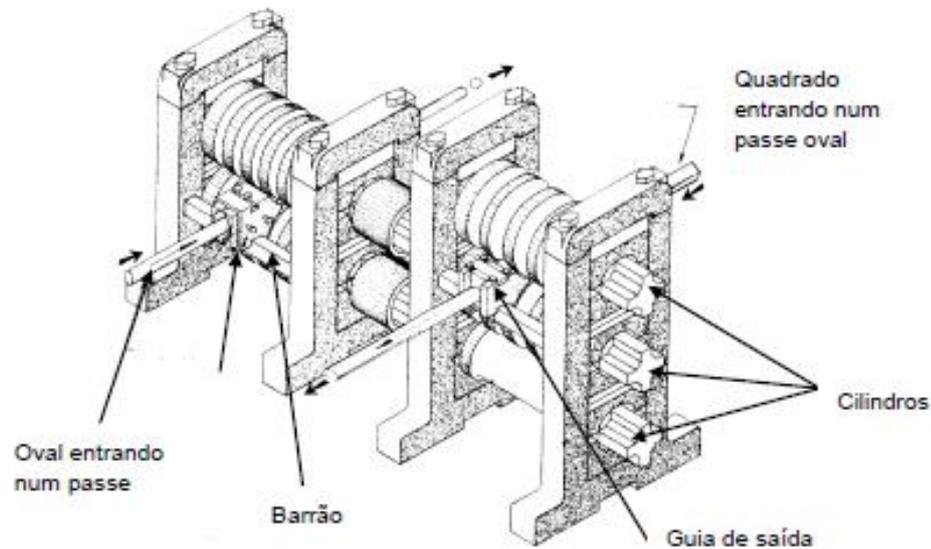
- a) No posicionamento da barra na entrada do passe;
- b) Na recepção e apoio da barra na saída do passe;
- c) Para segurar e manter o material em posição na entrada do passe, durante a laminação.

Com as guias, surgiu a possibilidade de laminar produtos com perfis redondos de passes ovais, quadrados e diamantes, reduzindo o número total de passes em relação ao processo de “laminação à mão”. As primeiras guias de laminação usadas eram de concepção muito simples e constituídas de peças de aço ou de ferro fundido colocado convenientemente antes e após os canais de laminação (CARDOSO, 2013).

Para que essas guias pudessem ser devidamente fixadas, foram introduzidos novos dispositivos para as gaiolas. Esses dispositivos foram chamados barrões ou barras de apoio das guias, conforme ilustrado na (Figura 5). Desde o início da utilização das guias foram estabelecidos princípios, que continuam válidos até hoje, para ter-se um processo livre de problemas e interrupções (CARDOSO, 2013):

- a) As guias devem estar sempre em nível, no prumo, no esquadro com os eixos dos cilindros e perfeitamente alinhadas.
- b) As guias devem estar perfeitamente alinhadas com o canal de laminação, na entrada e na saída do passe.
- c) As guias devem estar presas perfeitamente em relação ao barrão da gaiola de laminação

Figura 5- Laminação de redondo com caixas de guia de entrada e de saída.



Fonte: Apostila técnica de laminação Gerdau Fundamentos da laminação LM-104 (2013)

2.3.1 Tipos de Guias de laminação

2.3.1.1 Guias de entrada

São situadas do lado das gaiolas por onde as barras entram nos canais de laminação (IKEDA, 2013). As guias de entrada são dispositivos ou acessórios especiais, cujas principais funções são:

- a) Dirigir a ponta da frente (cabeça), da barra que está sendo laminada, para a posição correta do canal de laminação
- b) Sustentar essa barra na posição necessária, durante todo o tempo que durar o passe de laminação

2.3.1.2 Guias de entrada Roletadas

A partir da década de 1940, o aumento das exigências de qualidade dos produtos laminados e as maiores velocidades de laminação conduziram ao desenvolvimento das guias de entrada com roletes. A partir daí, começaram a ser cada vez mais usadas as guias de entrada de roletes ou roletadas. Inicialmente,

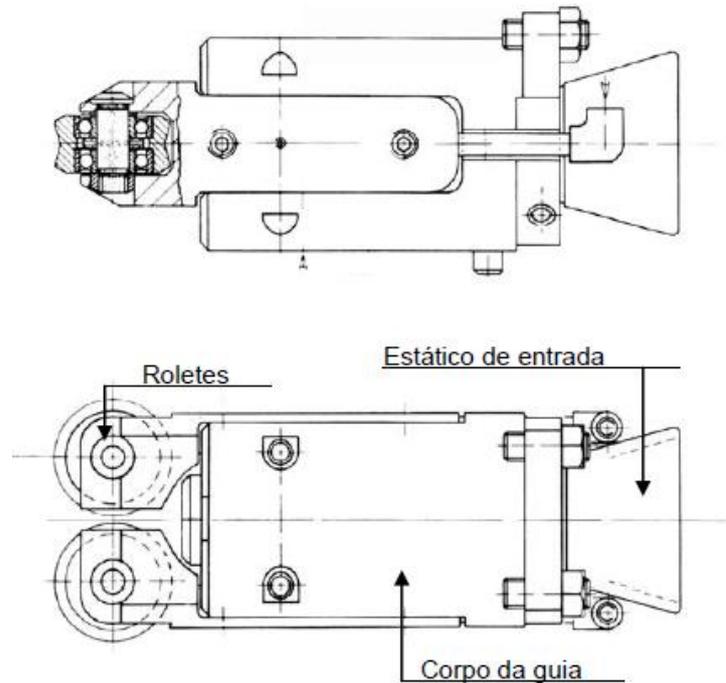
foram usados roletes muito simples e destinados somente a diminuir pontos de fricção direta do material laminado com a parte interna das guias. Da década de 1960 em diante, foi crescendo a aceitação do uso das guias de entrada roletadas, no começo, na posição da entrada do canal redondo acabador e, depois, praticamente em todas as posições das sequências de laminação (IKEDA, 2013).

Ainda segundo Ikeda (2013), a partir desse período, também ocorreu uma evolução muito grande, no que diz respeito aos materiais para a confecção dos roletes e aos rolamentos especiais usados para a sua montagem, as guias de entrada roletadas tornaram possíveis:

- a) Produtos acabados com melhor qualidade de superfície, não só nas barras redondas, mas em todos os tipos de seções e de perfis, em cuja produção essas guias passaram a ser empregadas;
- b) Atender às necessidades de aumento da velocidade de laminação;
- c) Mais confiabilidade no ajuste e montagem das guias, tendo em vista que, eliminando a fricção do material, o uso dos roletes permite a utilização de menores folgas nas guias;
- d) Facilitar a refrigeração das partes (roletes) em contato com o material que está sendo laminado;
- e) Diminuir as perdas de material e de tempo operacional, pela grande redução dos incidentes de laminação e dos descartes de produtos acabados com defeitos superficiais.

Por isso, o autor cita que em função da crescente aceitação que as guias de entrada roletadas passaram a ter, aumentou também a demanda por esses equipamentos auxiliares. Atualmente encontramos, nos laminadores, guias de entrada roletadas das mais diferentes origens, predominando as fabricadas pelas empresas Morgardshammar, da Suécia (grupo Danieli), Morgan, dos Estados Unidos da América (grupo Siemens) e Hollteck, dos Estados Unidos da América.

Figura 6 - Guias de Entrada com dois Roletes

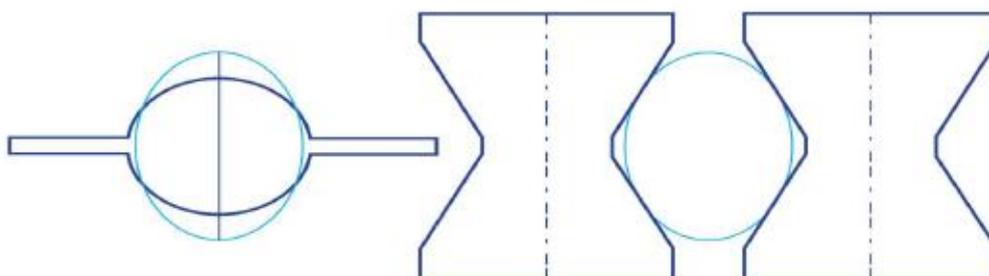


Fonte: Apostila Técnica de Laminação Guias de Laminação LM-259 (2013)

As guias de entrada com dois roletes (Figura 6), com dispositivo de ajuste da abertura entre os roletes, permitem que o operador do laminador faça pequenos ajustes na abertura entre os roletes, aproximando ou afastando um do outro, permite também o deslocamento dos roletes para cima ou para baixo, com a finalidade de acertar a posição dos canais dos roletes (IKEDA, 2013).

Portanto, segundo o autor, deve existir uma folga entre as larguras e alturas internas da guia de entrada em relação ao material, para não gerar marcas na barra. Com isso os roletes nas guias de entrada tem a função de reduzir a folga no material eliminando oscilações, conforme ilustrado na (Figura 7).

Figura 7 - Ilustração posicionamento dos roletes em contato com o material



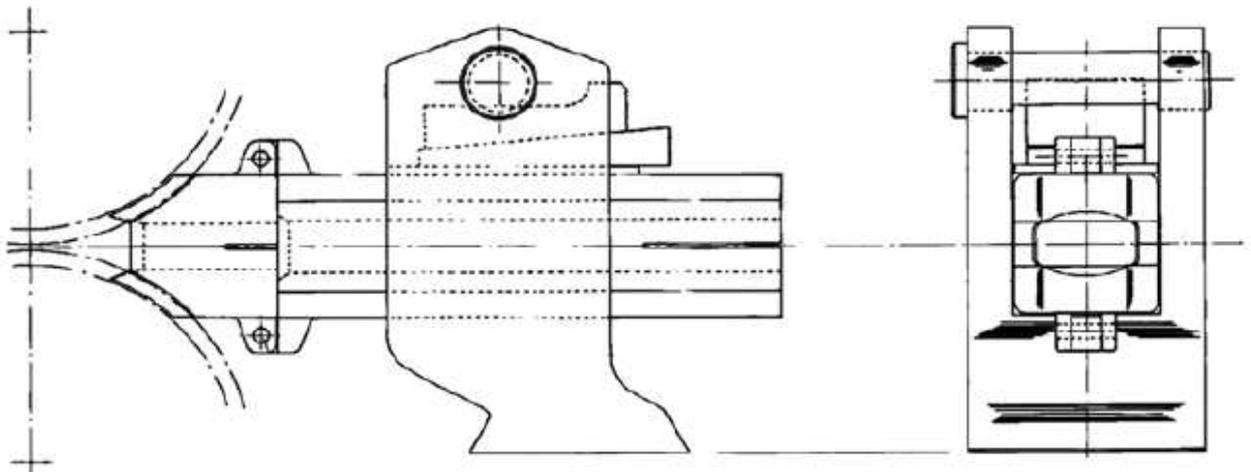
Fonte: Autor

2.3.1.3 Guias de saída

São situadas do lado das gaiolas por onde as barras saem dos canais de laminação, conforme ilustrado na (Figura 8) as guias de saída são dispositivos ou acessórios especiais e suas funções são de (IKEDA, 2013):

- a) Receber a ponta da frente (cabeça) da barra que está sendo laminada, quando esta sai do canal de laminação.
- b) Posicionar e dirigir essa barra desde a saída do canal de laminação, até o passe seguinte.

Figura 8 - Ilustração posicionamento das guias de saída



Fonte: **Apostila Técnica de Laminação Guias de Laminação LM-259 (2013)**

A entrada da ponta da barra no canal é um momento crítico porque a deformação na entrada não é sempre igual e a ponta pode sair com uma direção errada. Para controlar esse comportamento e garantir que a ponta da barra chegue às condições adequadas, na seguinte caixa de entrada é que se encontram as guias de saída (IKEDA, 2013).

2.4 ROLETES DE LAMINAÇÃO

Segundo (MEDEIROS, 2013) os roletes são as partes mais críticas das de guias roletadas. São eles que recebem o impacto da cabeça da barra e mantêm um contato direto com o material em altas temperaturas durante longo tempo. Devem ter, ao mesmo tempo, resistência ao impacto, para que não se estilhacem ou rachem e uma alta resistência ao desgaste, para não perder a forma e as tolerâncias dimensionais. Os roletes das guias têm a dupla função de conduzir a ponta (cabeça) da barra ao canal e também prender a barra na posição correta para garantir que o perfil de saída se ajuste a forma e às dimensões do desenho da calibração.

O autor complementa que para realizar essas funções, os roletes são usinados sem canais, quando o material tem faces planas paralelas, chatos, quadrados, ou com canais para guiar e prender seções de entrada como ovais, losangos, etc. Os roletes quando apresentam desgaste, podem gerar vários problemas na linha de laminação, pois conforme mostra a Figura 9, os roletes não conseguem mais segurar o material no passe de laminação e conseqüentemente geram defeitos, como riscos e dobras de laminação.

Figura 9 - Comparação de roletes com e sem desgaste



Fonte: Autor

2.5 LUBRIFICAÇÃO DOS ROLETES

A lubrificação dos rolamentos dos roletes e de outras partes móveis é um ponto crítico do uso das guias roletadas, seja de entrada ou de saída. Para se fazer a lubrificação sem a necessidade de remover a guia de sua posição na gaiola, são executados furos condutores (linha de lubrificação), no corpo, nos braços e nos pinos. Esses condutores partem de terminais externos, facilmente acessíveis e vão até os rolamentos dos roletes ou as outras partes móveis que tenham que ser lubrificadas. Quanto ao processo propriamente dito, podemos ter lubrificação por graxa e lubrificação ar/óleo (MEDEIROS, 2013).

2.5.1 Lubrificação por graxa

A graxa usada deve ser resistente a altas temperaturas e, simultaneamente, resistente à remoção por água. As graxas mais usadas para a lubrificação das caixas de guias são à base de alumínio ou lítio, bem como algumas graxas sintéticas especiais (MEDEIROS, 2013). Segundo o autor, são vantagens da lubrificação com graxa:

- a) Menor custo de instalação, mesmo quando usados sistemas automatizados
- b) O excesso de graxa que sai dos rolamentos impede a entrada da carepa
- c) Não causa problemas de poluição do ar e de danos à saúde dos operadores

Ainda segundo o autor são desvantagens da lubrificação com graxa:

- a) A graxa pode se solidificar, bloquear os furos do sistema de lubrificação e impedir a lubrificação dos rolamentos dos roletes
- b) É difícil controlar a aplicação do volume correto de graxa, podendo ser aumentados desnecessariamente o consumo e os custos do lubrificante. O excesso de graxa prejudica a limpeza dos equipamentos, em especial, das caixas de guias

2.5.2 Lubrificação ar/óleo

Quando foram evoluídos os passes de laminação, o aumento da velocidade se mostrou uma das grandes vantagens. No entanto, ocasionou uma variação nas condições de trabalho, devido ao giro dos roletes passarem a aumentar até 25.000 rotações, condições nas quais a graxa não era efetiva. (MEDEIROS, 2013)

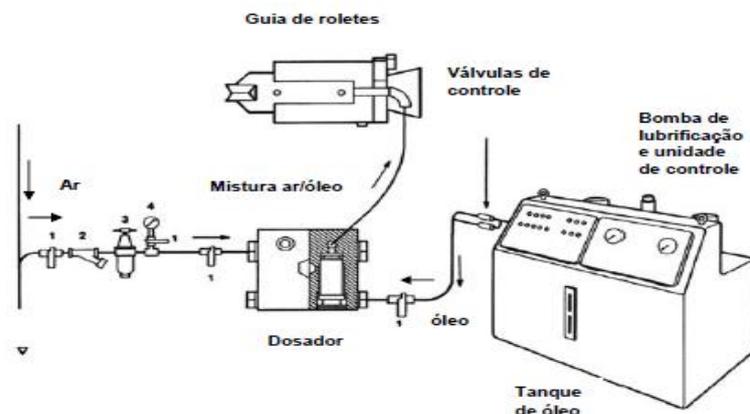
Nesse processo (Figura 10), injeta-se uma mistura de óleo lubrificante e ar (névoa) na linha de lubrificação, lubrificando os rolamentos. Ainda de acordo com o autor, cabe ressaltar as vantagens e desvantagens da lubrificação ar/óleo, para que se possa compreender o processo de forma mais exemplificada. São vantagens:

- a) O sistema ar/óleo é mais eficaz para lubrificar rolamentos a altíssima rotação
- b) A pressurização permanente do sistema de lubrificação e da parte interna dos roletes impede a entrada de água e também resfria os roletes

São desvantagens:

- a) O custo de instalação do sistema é elevado, se comparado aos sistemas automáticos de lubrificação com graxa
- b) Alguns sistemas ar/óleo provocam poluição ambiental com névoa de óleo, causando riscos à saúde dos operadores do laminador

Figura 10 - Esquema de um sistema de lubrificação ar / óleo



Fonte: Apostila Técnica de Laminação: Oficina de Blocos LM-258

2.6 REFRIGERAÇÃO DOS ROLETES DE LAMINAÇÃO

De acordo com Ikeda (2013) a refrigeração das guias, dos cilindros e dos discos de laminação é um ponto fundamental, para que se possam obter os melhores resultados de durabilidade dessas ferramentas, tendo em vista que esses materiais são facilmente afetados pelas condições de resfriamento. É essencial que se mantenha as peças das guias permanentemente resfriadas, sejam elas de entrada ou de saída. Deve-se ter especial cuidado principalmente com os roletes, seus rolamentos e demais partes móveis ou construídas com materiais especiais e sensíveis ao calor.

Ainda segundo o autor, as guias roletadas possuem passagens usinadas no corpo da caixa e nos braços de suporte dos roletes e ligadas às tomadas externas de fácil acesso. Essas passagens de distribuição da água de refrigeração devem estar perfeitamente limpas e desobstruídas. Por essas passagens pode-se aplicar o volume necessário de água para reduzir o aquecimento dos roletes, seus rolamentos e demais peças que devam ser resfriadas. Um resfriamento eficaz irá permitir maximizar a vida útil dessas peças, evitar incidentes de laminação e garantir boa qualidade superficial dos produtos laminados.

O autor cita que caso ocorra um resfriamento insuficiente dos roletes, estes irão se aquecer rapidamente. Nessas circunstâncias ocorrerão graves problemas, como:

- a) Os roletes superaquecidos passarão a arrancar material da barra em laminação, causando defeitos nas barras, que irão permanecer até o produto final
- b) Ao mesmo tempo, ocorrerá uma dilatação térmica excessiva e uma falha do lubrificante superaquecido, o que causa uma rápida deterioração e travamento dos rolamentos dos roletes

Um cuidado muito importante é o de garantir o abastecimento de água de refrigeração fria, de preferência entre 30°C e 50°C, limpa (isenta de carepas ou outros materiais em suspensão), se possível filtrada e a uma pressão correta (IKEDA, 2013).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (1991), a pesquisa pode ser definida como um método lógico e sistêmico, que tem como finalidade propiciar soluções aos problemas apresentados. É necessária a realização da pesquisa para se buscar informações ainda não obtidas, ou organizar informações já disponíveis tornando possível a análise da mesma, com a finalidade de solucionar os problemas apresentados.

A pesquisa é desenvolvida por meio de um processo que envolve diversas etapas, tendo início na formulação adequada do assunto a ser investigado até a apresentação dos resultados (SILVA; MENEZES, 2005).

Dentro de diversas formas de classificar as pesquisas, o presente trabalho pode ser classificado da perspectiva da sua natureza como pesquisa aplicada, que tem a finalidade de buscar o entendimento da situação investigada, para serem aplicadas às soluções de problemas. Referente à abordagem do problema, pode-se considerar a pesquisa como quantitativa, em que os problemas podem ser mensuráveis para a análise e busca de soluções, fazendo a utilização de técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade (SILVA; MENEZES, 2005). O objetivo é realizar uma pesquisa exploratória, para analisar detalhadamente o problema apresentado, buscando soluções ou aperfeiçoamento das mesmas. O método técnico utilizado é o estudo de caso, que tem como característica o estudo minucioso de uma situação delimitada, que permite um extenso conhecimento da mesma. Por ser maleável, o estudo de caso é aconselhável nas etapas iniciais de uma situação complexa a ser investigada, para a concepção de ideias ou redefinição do problema (GIL, 1991). Segundo Yin, 2003, o estudo de caso é mais indicado em situações em que os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas onde é possível de lidar com uma variedade de evidências.

Por meio do método técnico “estudo de caso” é possível identificar durante o processo novas situações, que não estavam propostas inicialmente. Essas novas situações podem ser mais importantes na resolução de problemas, que as situações sugeridas no início da pesquisa, alterando o foco da investigação.

Verifica-se o estudo total dos fatores envolvidos no problema (GIL, 1991).

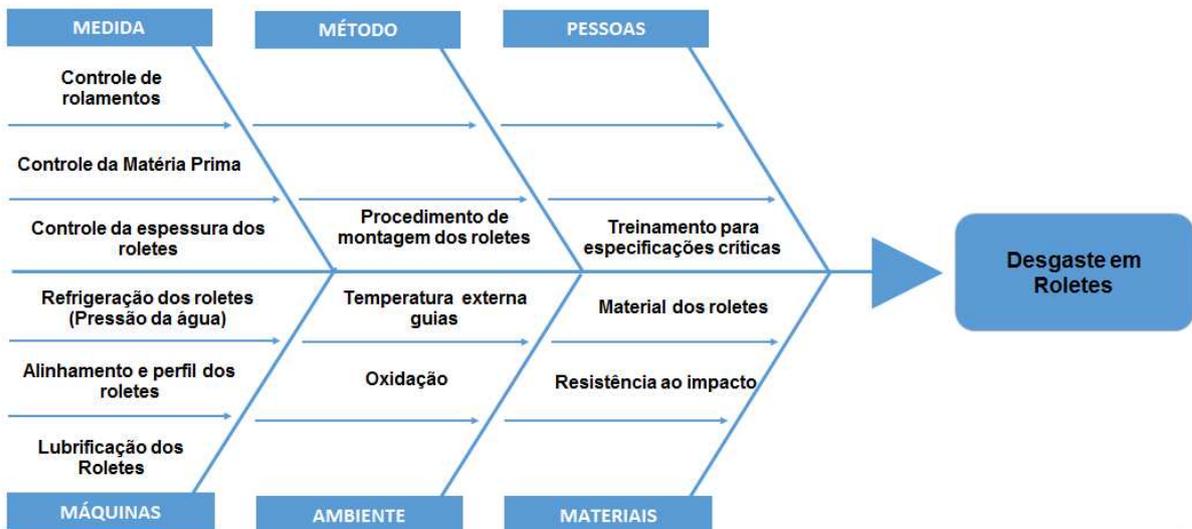
4. DESENVOLVIMENTO

4.1 ESTUDO DE CASO

Este trabalho foi realizado com o principal objetivo de aumentar a vida útil de roletes em guias de laminação, em uma das linhas de produção de aços laminados da Planta Pindamonhangaba da Empresa Gerdau S/A. Foi constatado um alto índice de variabilidade no processo, que ocasionavam um alto índice de defeitos e retrabalhos.

Com o objetivo de identificar as possíveis causas relacionadas aos roletes em guias de laminação, foi desenvolvido um Diagrama de Causa e Efeito (Figura 11), que considerou as possíveis causas que afetariam o processo, sendo elas classificadas em Máquina, Mão de Obra, Material, Método, Medição e Meio.

Figura 11 – Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Autor

Para o estudo realizado, a parte mais relevante do Diagrama de Causa e Efeito foi referente aos ramos de Máquina e de Materiais, por estarem diretamente ligadas ao defeito. Assim, foi possível observar a necessidade de desenvolver novas análises e modificações de alguns itens, visando maximizar os resultados do processo.

4.1.1 Material e Alinhamento dos Roletes

Analisado como o principal item dentro do processo, a composição química dos roletes usados em guias de entrada se torna de extrema importância para a melhoria do processo. Neste estudo foi sugerido um novo tipo de aço (Tabela 1) para estrutura do rolete, e também uma nova proposta de alinhamento dos canais.

Tabela 1 – Nova proposta de aço para os roletes

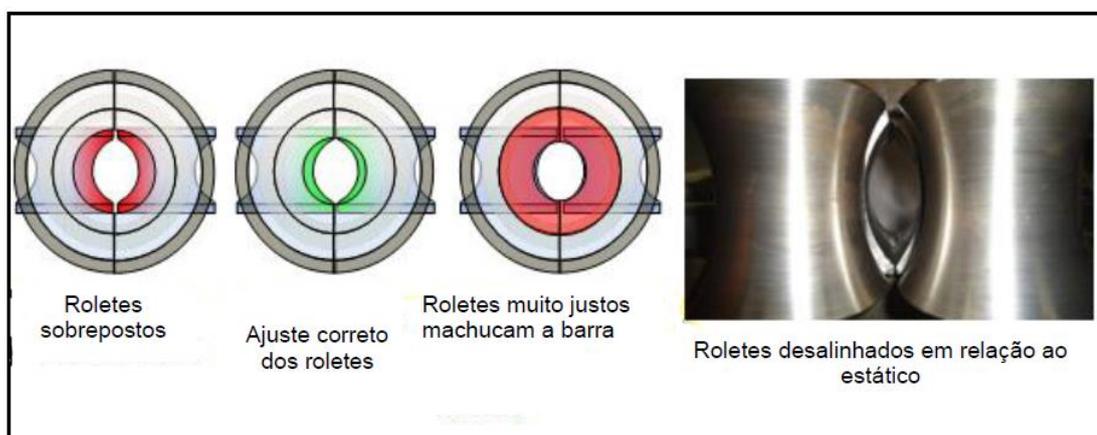
Especificação	C %	Si %	Cr %	Mo %	V %	W %	Dureza (HRC)
DIN X 155 CrVMo 12-1	1,50	0,30	12,0	0,95	0,9	-	55-58

Fonte: Villares Metals (2006)

O aço DIN X 155 CrVMo 12-1 também conhecido como VD2, tem alta estabilidade dimensional e alta resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas, e com tenacidade superior aos outros aços da série D, é recozido com dureza máxima de 250HB. Tem como principais aplicações para ferramentas que exijam alta resistência ao desgaste como matrizes para estampagem, cunhagem e repuxo e rolos laminadores (VILLARES METALS, 2006).

Os estáticos devem ficar corretamente alinhados com os roletes (Figura 12), garantindo que eles não ficarão sobrepostos na entrada do material a ser laminado. O rolete deve aparecer de 4 a 7 mm, dependendo da velocidade de laminação.

Figura 12 – Alinhamento dos roletes



Fonte: (MEDEIROS, 2013)

4.1.2 Refrigeração dos Roletes

A limpeza dos canais de refrigeração é importante para garantir a durabilidade dos roletes, conseqüentemente, garantindo uma qualidade dimensional e superficial do produto laminado. Portanto, foi proposta uma periodicidade semanal para essa atividade, desde que atendidos os requisitos básicos da qualidade da água de refrigeração fornecida pelo sistema de tratamento de água. Também foi proposto um novo ponto de entrada de água (Figura 13) para aumentar o volume de água, garantindo que se houver alguma obstrução de um dos lados, o outro possa manter os roletes refrigerados.

Figura 13 – Ponto de Refrigeração



Fonte: Autor

Para que haja monitoramento constante da pressão e vazão da água, serão instalados pressostatos e fluxostatos (Figura 14) na linha de alimentação das guias, que podem enviar sinais à supervisórios que identificam a falta de água nos roletes.

Trabalhar fora dos limites de tolerância desses parâmetros poderá gerar uma deficiência de refrigeração com conseqüente redução da vida útil dos canais, assim como uma possível geração de defeitos no material laminado e até mesmo a quebra dos roletes.

Figura 14 – Fluxostato e Pressostato



Fonte: Site: lojadomecanico.com.br (2019)

4.1.3 Lubrificação dos Roletes

A manutenção preventiva ajuda a manter os equipamentos e os processos em bom estado de funcionamento, garantindo a confiabilidade do processo e a autonomia da operação entre revisões. O seu objetivo principal é o de reduzir a incidência de falhas de funcionamento do sistema, pois se o mesmo apresentar falhas poderá provocar uma rápida deterioração e a ruptura dos rolamentos, causando defeitos superficiais, devido ao atrito da barra com os roletes travados.

Para este estudo, adotou-se o sistema de lubrificação ar/óleo e, para que se tenha alta confiabilidade, foi criado um plano de manutenção específico para guias de laminação (Tabela 2), orientando a equipe responsável pela montagem de guias.

Tabela 2 – Plano de manutenção

Central ar/óleo	Checar nível de óleo do sistema de lubrificação ar/óleo	Diário
	Checar umidade na linha de ar comprimido	Diário
	Checar temporização do ciclo e ajuste do distribuidor	Semanal
	Checar ajustes de pressão	Mensal
	Revisar/testar pressostatos e fluxostatos	Trimestral
	Revisar/testar componentes hidráulicos	Semestral
	Limpar tanque ar/óleo	Anual

Fonte: Autor

4.1.4 Check-List de acompanhamento

As guias de entrada roletadas são utilizadas por períodos determinados, durante os quais suas partes fixas e móveis sofrem um desgaste pela passagem do aço no processo. É de extrema importância que se crie um histórico para acompanhamento sempre que uma guia for substituída, ou seja, for realizado um ajuste fora do padrão antes da data indicada no plano de substituição de guias.

Com isto, neste estudo foi desenvolvido um plano de manutenção autônoma (Tabela 3), onde se faz necessário registrar as anomalias, garantindo que a informação chegue ao responsável pela manutenção da guia e este realize o tratamento desta anomalia, acompanhada por uma solução, antes que se inicie a próxima campanha.

Tabela 3 – Check-List Manutenção

Manutenção de guias			
Guia N°	<input type="text"/>	Data de entrada	<input type="text" value="__/__/__"/>
		Data de Saída	<input type="text" value="__/__/__"/>
Posição de trabalho	Horizontal	<input type="text"/>	Produção
	Vertical	<input type="text"/>	
Motivo da substituição	Desgaste do processo	<input type="text"/>	
	Final de Campanha	<input type="text"/>	
Roletes		Ocorreu falta de Lubrificação	
Travou	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Trincou	<input type="text"/>	Ocorreu falta de refrigeração	
Desgastou	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Desalinhou	<input type="text"/>		
Observações :			
<input type="text"/>			

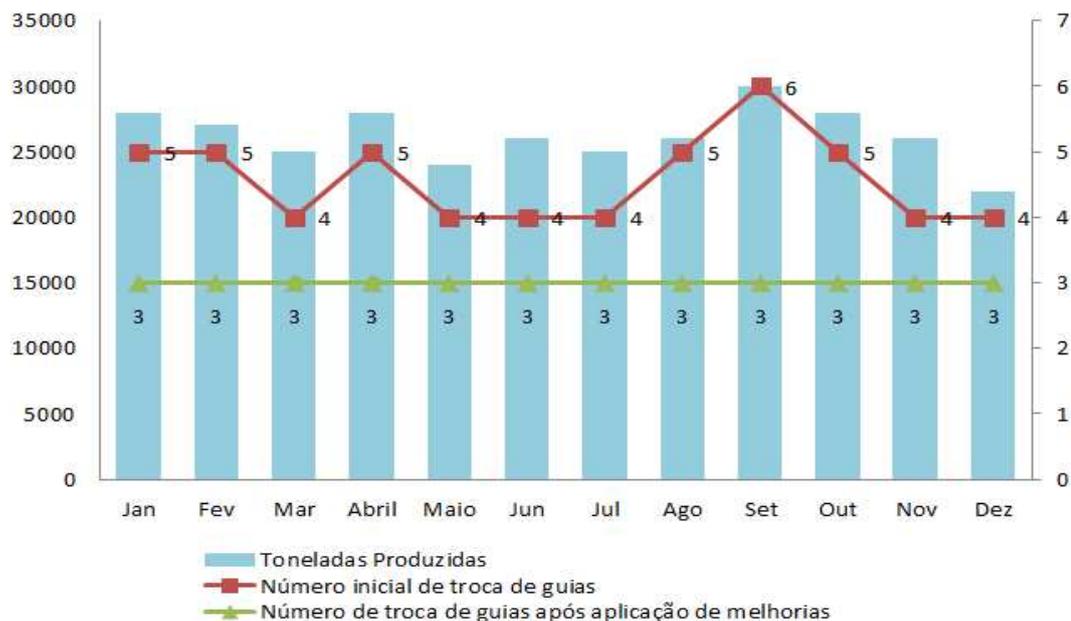
Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrência das análises efetuadas no presente estudo de caso e a partir das melhorias propostas, foi possível observar uma grande perspectiva de ganhos em relação ao processo de desgaste prematuro dos roletes, assim como em relação ao tempo de produção, qualidade do material a ser produzido e, conseqüentemente, ganhos financeiros.

Para isto, será analisada a produção anual do Laminador da empresa Gerdau S/A – Planta Pindamonhangaba, considerando apenas uma guia de entrada roletada que atualmente tem um padrão para troca de 6000 toneladas. Também será analisada a estimativa para a produção com as melhorias apresentadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativa de trocas de guias no ano, antes e após estudo



Fonte: Autor

Após análise em campo, constatou-se que o tempo da troca de uma guia de entrada é de aproximadamente 1 hora. A partir desse dado e analisando a tabela acima, pode-se concluir que o tempo total anual ganho com o aumento da vida útil dos roletes corresponde a em média 19 horas. Compreende-se, portanto, que a partir deste estudo, seja possível obter um aumento de produção em relação às trocas de guias, devido à redução do desgaste de roletes.

6 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, concluiu-se que o estudo de caso, se aplicado na linha de produção de laminação, pode gerar significativa otimização dos recursos, aumentando a produtividade e ao mesmo tempo impactando positivamente no índice de redução de falhas, se comparado ao processo padrão desempenhado por laminadores.

Além dos ganhos finais apresentados em termos de tempo, também são de extrema importância os ganhos em custos gerados para a empresa, considerando os altos valores envolvidos no processo de laminação, assim como os prejuízos advindos de possíveis paradas ou atrasos na laminação.

A aplicação do Diagrama de Causa e Efeito ao processo foi eficiente na identificação das principais causas de retrabalho, tornando possível a análise dessas causas e a aplicação de melhorias, permitindo a padronização de alguns processos e a diminuição de retrabalhos.

Conclui-se, portanto, que é de extrema importância o estudo aprofundado de pequenas etapas da laminação, pois voltando a atenção aos detalhes e revendo os processos, torna-se possível o aprimoramento da produção, aumentando sua produtividade e resultados, e diminuindo perdas e retrabalhos, trazendo um alto índice de confiabilidade ao processo.

REFERÊNCIAS

- Aços Villares. (2008). **Aços Especiais para Construção Mecânica**. São Paulo: Villares;
- CARDOSO, J.C.B.R. (2013). **Apostila Técnica de Laminação: Fundamentos da Laminação LM-104** Gerdau.
- COLPAERT, H. (2001) **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. São Paulo: IPT.
- CRAMER, H. (2003) **Defeitos superficiais em produtos de laminação**. São Paulo, (2003)
- GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.
- IKEDA, P.K. (2013) **Apostila Técnica de Laminação: Guias de Laminação LM-259**. Gerdau.
- MEDEIROS, L.A (2013) **Apostila Técnica de Laminação: Oficina de Blocos LM-258**. Gerdau.
- MOURÃO, M. B. (2007). **Introdução à Siderurgia**. São Paulo: ABM.
- RIZZO, E. M. (2007). **Processos de Laminação dos Aços: Uma Introdução**. São Paulo: ABM.
- SILVA E. L., MENEZES E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.
- Site: (www.lojadomecanico.com.br/produto/90149/33/619/controlador-automatico-para-bombas-1-x-1-pol-bivolt-ferrari-cabf-1) (Acesso em 23/04/19).
- Villares Metals. (6 de abril de 2006). **Aços para Trabalho a Frio VD2**. São Paulo, SP, Brasil.
- YIN, R. K., **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi, 2 ed. Porto Alegre. Bookman, 2001.