



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



LUAN RAMON SALGUEIRO VIEIRA

DESENVOLVIMENTO DE PORCA HIDRÁULICA PARA RETIRAR A FOLGA DE MANCAIS EM CILINDROS DE LAMINAÇÃO EVITANDO A EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RISCO DE ACIDENTE

OURO PRETO - MG
2021

LUAN RAMON SALGUEIRO VIEIRA

luan.vieira@aluno.ufop.edu.br

DESENVOLVIMENTO DE PORCA HIDRÁULICA PARA RETIRAR A FOLGA DE MANCAIS EM CILINDROS DE LAMINAÇÃO EVITANDO A EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RISCO DE ACIDENTE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Paulo Henrique Vieira Magalhães

**OURO PRETO – MG
2021**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V657d Vieira, Luan Ramon Salgueiro .
Desenvolvimento de porca hidráulica para retirar a folga de mancais evitando a exposição dos trabalhadores ao risco de acidente.
[manuscrito] / Luan Ramon Salgueiro Vieira. - 2021.
63 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Hidráulica. 2. Segurança do trabalho. 3. Laminação (Metalurgia) . 4. Mancais - Indústria . 5. cilindros. I. Magalhães, Paulo Henrique Vieira . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Luan Ramon Salgueiro Vieira

DESENVOLVIMENTO DE PORCA HIDRÁULICA PARA RETIRAR A FOLGA DE MANCAIS EM CILINDROS DE LAMINAÇÃO EVITANDO A EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AO RISCO DE ACIDENTE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal

de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 10 de dezembro de 2021

Membros da banca

Prof. Dr. - Paulo Henrique Vieira Magalhães - Orientador(a) Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. - Vinícius Carvalho Teles - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. - Luis Antônio Bortolaia - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto

Paulo Henrique Vieira Magalhães, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 17/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Vieira Magalhaes, CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**, em 17/12/2021, às 20:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0260806** e o código CRC **662F1D60**.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, Maciel e Regina, e meus irmãos, que sempre me apoiaram com tudo que eu precisava durante a minha vida.

Agradeço a minha esposa Lilian e minha filha Alice por serem minha motivação diária, sem elas com certeza a tarefa teria sido muito mais árdua e que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

A UFOP, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso, aos professores, em especial ao Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães pela oportunidade e apoio durante todo o processo de construção desse TCC.

Agradeço a todos, minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível”.*

Charles Chaplin

RESUMO

A cada ano é observado um aumento na produção e utilização de aços provenientes do processo de laminação devido a diversas vantagens apresentadas, como qualidade superficial, controle dimensional e propriedades mecânicas satisfatórias. Atrelado a esse aumento de produção há cada vez mais uma preocupação das empresas em assegurar a seus colaboradores um ambiente de trabalho seguro e livre de acidentes. A atividade de retirar a folga em mancais de cilindros de laminação é um procedimento que expõe as pessoas envolvidas a um elevado risco de acidentes, devido a utilização de ferramentas de impacto e proximidade com carga suspensa com uso de ponte rolante. O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria siderúrgica e tem por objetivo dimensionar uma porca hidráulica para realização da atividade de se retirar a folga em mancais de cilindros de laminação. Para seu desenvolvimento foram levadas em consideração as especificações técnicas e limitações dimensionais dos equipamentos onde a porca hidráulica irá ser utilizada, como pressão e dimensões necessárias para se atingir a força desejada para seu correto funcionamento e também a melhor bomba hidráulica a ser utilizada para seu acionamento. Para desenvolvimento de projetos e desenhos técnicos foi utilizado o software *autocad* e para facilitar o entendimento do projeto foi também realizado um modelamento 3D utilizando o software *solidworks*. Com este trabalho observou-se ganhos em relação as condições de trabalho em relação a segurança do trabalho, ergonomia e produtividade com emprego da porca hidráulica.

Palavras-chave: Hidráulica, Segurança do trabalho, Modelamento, Laminação, Mancais, cilindros.

ABSTRACT

Each year an increase in the production and use of steels from the rolling process is observed due to several advantages presented, such as surface quality, dimensional control and satisfactory mechanical properties. Linked to this increase in production, companies are increasingly concerned about ensuring their employees a safe and accident-free work environment. The activity of removing the clearance in rolling cylinder bearings is a procedure that exposes the people involved to a high risk of accidents, due to the use of impact tools and proximity to suspended load with the use of overhead crane. The present work presents a case study carried out in a steel industry and aims to design a hydraulic nut to perform the activity of removing the clearance in rolling cylinder bearings. For its development, the technical specifications and dimensional limitations of the equipment where the hydraulic nut will be used were taken into account, such as the pressure and dimensions necessary to reach the desired force for its correct operation and also the best hydraulic pump to be used for its activation. For the development of projects and technical drawings, the autocad software was used and to facilitate the understanding of the project, a 3D modeling was also carried out using the solidworks software. With this work, gains were observed in relation to working conditions in relation to workplace safety, ergonomics and productivity with the use of the hydraulic nut.

Key-words: Hydraulics, Workplace safety, Modeling, Lamination, Bearings, cylinders.

LISTA DE SIGLAS E SIMBOLOS

CAT	Comunicação de Acidente do Trabalho
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
MTE	Ministério de do trabalho e Emprego
NR's	Normas Regulamentadoras
PR	Procedimento de Rotina
Fa	Força de avanço em
Ap	Área do pistão
Ptb	Pressão (hidrostática) de trabalho
Dp	Diâmetro do pistão
Dh	Diâmetro da haste
η	Rendimento
Vg	Volume de absorção
Mt	Torque absorvido
n	Rotação
η_v	Rendimento volumétrico
η_{mh}	Rendimento mecânico – hidráulico
η_t	Rendimento total
QB	Vazão da bomba
N	Potência absorvida
PSI	libra por polegada quadrada
Pa	Pascal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acidentes do Trabalho	1
Figura 2 – Motivo dos acidentes do Trabalho	2
Figura 3 – Evolução de registros de acidentes do Trabalho	6
Figura 4 – Acidentes registrados em 2011 – separados por regiões.....	7
Figura 5 – Fluxo Simplificado de Produção	9
Figura 6 – Laminação a quente	10
Figura 7 – Laminação de chapa plana	11
Figura 8 – Cilindro de laminação	12
Figura 9 – Cilindro de laminação inserido no laminador	13
Figura 10– Porca Hidráulica.....	14
Figura 11-Atuador hidráulico linear	15
Figura 12-Bomba de engrenagens externas.....	18
Figura 13-Bombas de Palheta de Volume Variável	19
Figura 14 – Bomba de parafusos	20
Figura 15 – Bomba de pistões radiais.....	21
Figura 16 – Pesquisa Científica	22
Figura 17 – Fluxograma da Pesquisa Científica.....	24
Figura 18 – Montagem do cilindro de laminação	27
Figura 19 – Porca Hidráulica lado operação desenhada em AutoCad	28
Figura 20 - Porca Hidráulica lado acionamento desenhada em AutoCad	29
Figura 21 – Porca mecânica lado Acionamento	30
Figura 22 – Porca mecânica lado Operação	31
Figura 23 – Porca Hidráulica antes do aperto	32
Figura 24 – Porca Hidráulica após o aperto	32

Figura 25 – Tubo para acionamento da porca hidraulica	35
Figura 26 – Unidade hidraulica Morgoil	36
Figura 27 – Montagem da chaveta	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Variáveis e indicadores da pesquisa	24
Tabela 2-Diferenças entre o procedimento tradicional e o novo procedimento.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Acidente do trabalho.....	5
2.1.1	Números de acidentes de trabalho	5
2.1.2	Acidente com as mãos	7
2.2	Projetos de engenharia.....	8
2.3	Laminação	9
2.3.1	Cilindros de laminação	11
2.4	Porca hidráulica	14
2.5	Dimensionamento de atuadores hidráulicos	14
2.6	Dimensionamento da bomba	16
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	Tipo de pesquisa	23
3.2	Materiais e métodos.....	23
3.3	Variáveis e indicadores.....	24
3.4	Instrumentos de coleta de dados	25
3.5	Tabulação de dados	25
3.6	Considerações finais do capítulo	25
4	RESULTADOS	26
4.1	Considerações iniciais	26
4.2	Procedimento atual de montagem e desmontagem de mancais de laminação	27
4.3	Dimensionamento.....	28
4.4	Cálculo da pressão	33
4.5	Funcionamento da porca hidráulica.....	34

4.6	Escolha da bomba.....	35
4.7	Novo procedimento de montagem.....	37
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	39
5.1	Conclusão	39
5.2	Recomendações	40
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	41
	ANEXO.....	44
	Cilindro de trabalho	44
	Mancal superior	45
	Procedimento de montagem de mancais	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Os acidentes no ambiente de trabalho tornaram-se grandes preocupações das empresas no cenário industrial. Tal assunto torna-se forte a cada ano, desde de que o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) passou a exigir medidas eficazes que contemple a proteção do trabalhador. As Normas Regulamentadoras (NR's) são apresentadas no artigo 200 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), como medidas de prevenção de acidentes e a entrega dos equipamentos de proteção individual (BRASIL, 1943).

A fiscalização em cima de critérios que envolvem a segurança do trabalhador vem se destacando positivamente no decorrer dos anos. Tal fato consegue ser observado quanto a redução dos números de acidentes no setor industrial. Dados da Justiça do Trabalho do Rio Grande do Sul, em 2018, apresentados pelo TRT RS (2020), mostram que, no Brasil, a Previdência Social registrou 576.951 acidentes de trabalho com funcionários de carteira assinada. Esse número é cerca de 1,5% menor que dois anos antes (2016). No entanto, acredita-se que mesmo dentre empregados formais existe subnotificação. Estima-se que em 18% dos casos de acidentes a Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) não é emitida, prejudicando a confiabilidade dos números apresentados anualmente (TRT RS, 2020). Com base nisto é apresentada a Figura 1 que contempla informações segundo a Secretaria da Previdência (2017):

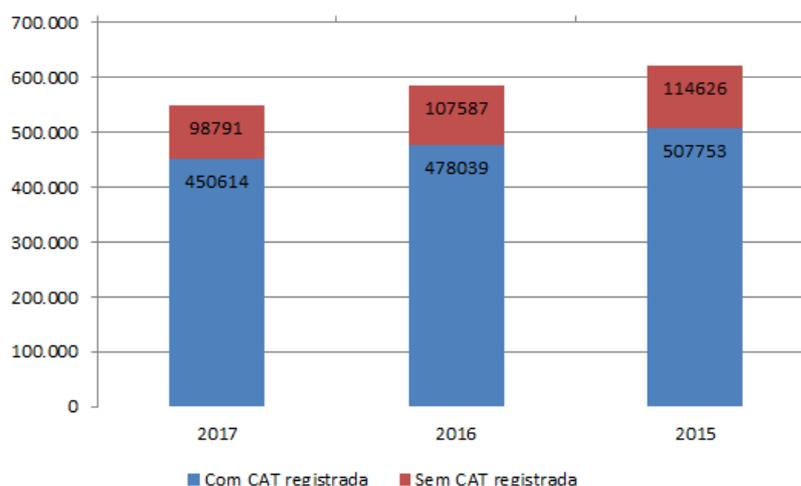


Figura 1 – Acidentes do Trabalho

Fonte: Adaptado de Secretaria da Previdência (2017, p.15)

No ano de 2016 houve uma redução no percentual de casos de acidentes não registrados, que voltou a crescer em 2017. No ano de 2015, aproximadamente 18,42% dos acidentes no ambiente de trabalho não foram relatados, esse percentual regrediu para 18,37% em 2016 e cresceu para 17,98% em 2017. Estes números foram classificados conforme o motivo, sendo eles: típico, trajeto e doença do trabalho, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Motivo dos acidentes do Trabalho
Fonte: Adaptado de Secretaria da Previdência (2017, p.15)

Os acidentes típicos, segundo a Secretaria da Previdência (2017) são aqueles que ocorreram a partir da atividade profissional desempenhada pelo acidentado. Os acidentes de trajeto são gerados durante o percurso da residência do trabalhador até o local de trabalho, ou vice-versa. Já a doença do trabalho se remete a aquisição de doenças profissionais adquiridas pelo exercício da atividade profissional ou das condições em que o trabalho é realizado.

Levando em consideração que, no ano de 2017, 75,5% dos acidentes registrados ocorreu a partir da execução da atividade profissional (típico), esta pesquisa preocupa-se em desenvolver uma estratégia que vise reduzir a exposição de trabalhadores de uma empresa siderúrgica, ao realizar o ajuste de folga de mancais de cilindro de laminação de chapas grossas. Isso porque, trabalhadores do local expõem suas mãos ao realizar a atividade. De forma complementar, é importante dizer que dados do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS)

indicam que no primeiro semestre de 2019, houve mais de 22 mil comunicações de acidente de trabalho que envolve lesão nas mãos, o que remete a cinco acidentes por hora (EBC, 2019).

Diante disso pergunta-se:

É possível realizar a atividade de retirar a folga dos mancais de cilindros de laminação sem expor os colaboradores ao risco de acidentes?

1.2 Justificativa

Ao realizar o ajuste de folga de mancais de cilindros de laminação de chapas grossa, o mecânico efetua sua atividade manualmente, com auxílio de uma marreta. Até o momento, este era o procedimento padrão. Observando os riscos que esta atividade proporciona, tanto no caráter ergonômico como na possibilidade de acidente que envolva mãos, surgiu a ideia de desenvolver um dispositivo que mitigassem esses problemas.

Segundo dados do Rostaing (2021) a cada 22 segundos ocorre um acidente com as mãos. Em um ano são aproximadamente 1.400.000 acidentes deste tipo com sequelas irreversíveis. Destes, 33,28% são acidentes profissionais.

Em cima disto, através da análise dos próprios trabalhadores, desenvolveu-se uma proposta de porca hidráulica. Assim, este trabalho se justifica através da necessidade de apresentar um projeto que possibilita o ajuste de folga de mancais, sem a carência de total aproximação do trabalhador, gerando um procedimento mais seguro.

A porca hidráulica é uma ferramenta que auxilia na montagem e desmontagem de rolamentos em buchas cônicas ou eixos. Ela facilita o trabalho, permitindo montagem sem impactos, o que contribui para que o conjunto montado tenha sua vida útil prolongada. Utiliza bomba hidráulica manual para fazer o serviço pesado encurtando o tempo de montagem e desmontagem se comparado aos métodos tradicionais usando chave e martelo (BGL, 2021).

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Desenvolver uma porca hidráulica, para ajuste de folga dos mancais de cilindro de laminação de Chapas Grossas.

1.3.2 Específicos

- Apresentar estatísticas de acidentes, dos últimos anos, expondo a importância de desenvolver projetos que visem à segurança no ambiente de trabalho, através de uma análise bibliográfica.
- Mostrar o processo produtivo de laminação de chapas grossas;
- Exibir um estudo de caso referente ao desenvolvimento de um dispositivo hidráulico capaz de auxiliar no ajuste de folga dos cilindros.

1.4 Estrutura do Trabalho

O Capítulo I apresenta a introdução, onde são expostos itens como a formulação do problema, a justificativa da pesquisa, além dos objetivos propostos pela mesma, sendo eles geral ou específicos.

No Capítulo II, denominado como Revisão Bibliográfica, são apresentados itens relevantes para o entendimento do trabalho. Ele é confeccionado a partir de teses, artigos, monografias, livros e outros elementos elaborados e disponibilizados para a consulta.

No Capítulo III, a metodologia mostra as características do trabalho apresentado. A classificação da pesquisa científica engloba quatro áreas: natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos.

O Capítulo IV, nomeado como Resultados, como o próprio nome sugere, trata do efeito da pesquisa. Os resultados são a demonstração da aplicação do projeto e os alcances do mesmo.

A Conclusão, exposta no Capítulo V, é a verificação do cumprimento dos objetivos propostos. Neste item é demonstrado o desfecho do problema, através da solução que ele alcançou. A Referência Bibliográfica, por sua vez, apresenta em forma de lista os autores citados no decorrer da pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Acidente do trabalho

O acidente de trabalho é a ocorrência não programada, que interfere o processo normal de uma atividade, podendo, ou não, gerar perda material ou para com a vida do acidentado. A descrição mais detalhada deste assunto é mostrada no artigo 19 da Lei nº8.213 de 1991:

Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

No ambiente organizacional, a segurança do trabalho é algo primordial. É necessário que a mesma esteja entrelaçada com o processo produtivo, fundamentada no sistema de gestão e abordando as particularidades de cada atividade, independentemente. Apesar deste pensamento com foco em segurança, é importante lembrar que nem sempre foi assim. No início da industrialização havia condições de trabalhos ruins e alto índice de exploração. Com os trabalhadores em situações críticas, muitos se acidentavam, sendo os mesmos culpados por tal e impossibilitados de trabalhar. No final do século XIX e início do século XX, a industrialização começou a crescer e ocorreu a Primeira Guerra Mundial. Com a mudança visionária, esta situação começou a modificar, tomando força a partir da criação Organização Internacional do Trabalho, ou OIT (KALIL, 2020).

A OIT é um centro de estudos sobre o trabalho. A OIT aborda informações e estatísticas de referência nacional e internacional. Segundo o Guia Trabalhista (2020) a OIT é o órgão responsável por controlar e emitir normas que se objetivam a regular as relações de trabalho, protegendo as bases entre os empregados e empregadores.

2.1.1 Números de acidentes de trabalho

As causas de acidentes do trabalho são classificadas como humanas, materiais ou fortuitas. As causas humanas são caracterizadas como provenientes do próprio homem. Podem ser ocasionadas por diversos fatores, como: incapacidade, falta de conhecimento, descumprimento de regras, entre outros. As causas materiais são representadas pelo ambiente, seja ele natural ou não. Trata-se de descargas elétricas ou defeitos em equipamentos. As causas

fortuitas, no entanto, são consideradas raras, por não haver relação entre a causa humana e técnica (MORAES *et al*, 2005).

Dados estatísticos mostram que o Brasil aumentou o número de acidentes registrados nos últimos anos. O Ministério da Previdência Social mostra a evolução dos registros de 2007 a 2011, com um aumento de 7,83%, como mostra a Figura 3.

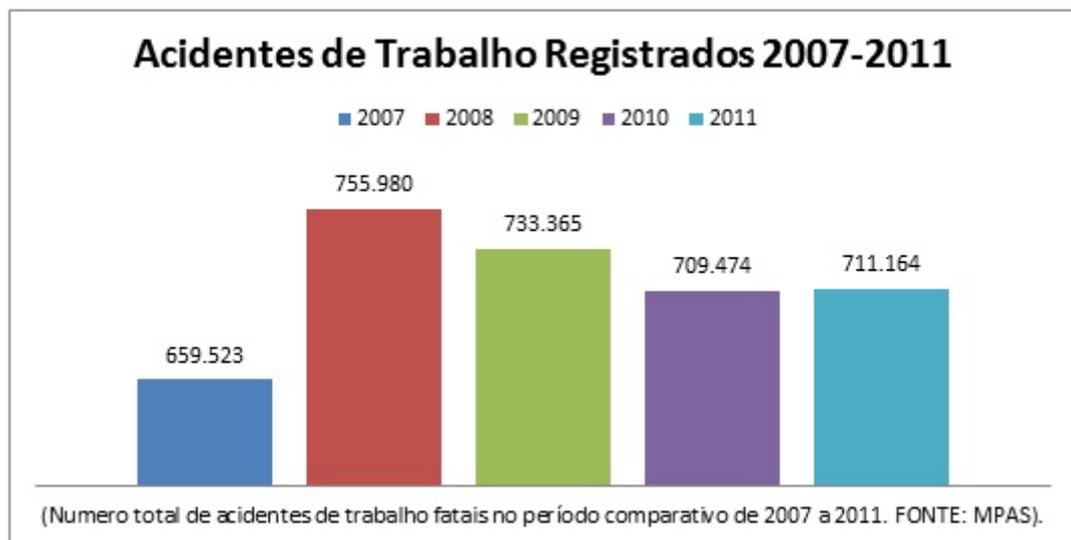


Figura 3 – Evolução de registros de acidentes do Trabalho
Fonte: Justiça do Trabalho (2021)

Referindo-se aos anos de 2010 a 2011. Os registros passaram de 709.474 para um patamar de valor igual a 711.164 casos. Separando-os por regiões demográficas, tem-se a região Sudeste como maior geradora de acidente do trabalho, com 387.142 ocorrências, quase 70% do valor total. A Figura 4 apresenta esse comparativo.

Acidentes de trabalho registrados em 2011 Dados percentuais por Macrorregião

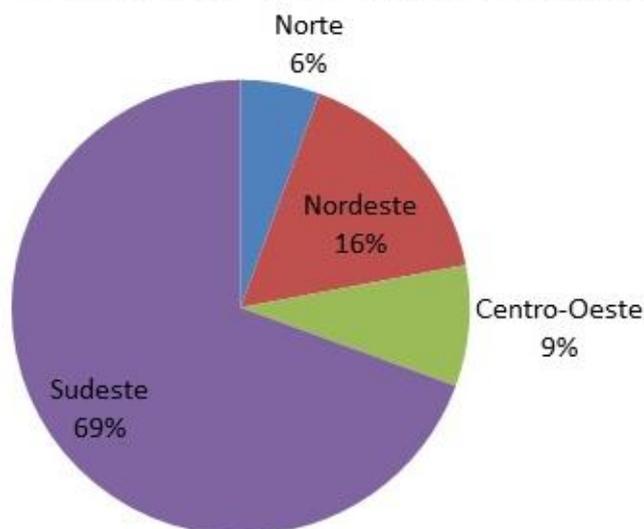


Figura 4 – Acidentes registrados em 2011 – separados por regiões

Fonte: Justiça do Trabalho (2021)

Os dados oficiais, relacionados a acidentes de trabalho, mais recentes são os de 2018. Neste período foram registrados 360.320 acidentes, uma evolução de 5,45%, comparado ao ano anterior. Destes, 68% são homens. Tratando-se de idade, a faixa etária que mais se acidenta se encontra entre 30 e 34 anos (REDE BRASIL ATUAL, 2020).

2.1.2 Acidente com as mãos

As mãos são os alvos mais fáceis para os acidentes de trabalho. Isso porque contemplam as partes mais expostas do corpo humano. Boa parte deles ocorrem por falta de EPI, manuseio incorreto da ferramenta ou maquinário, ou descuido. Segundo o presidente da SBCM (Sociedade Brasileira de Cirurgia da Mão), “as mãos e punhos são partes complexas do corpo, pois são formados por muitos ligamentos, ossos, nervos que propiciam sensibilidade e comandam os movimentos dos músculos e tendões, importantes artérias que irrigam os membros”. Desta forma, acidentes que envolvem estes membros são caracterizados de alta gravidade e com alto potencial de promoção da incapacidade ao trabalho (JORNAL MONTES CLAROS, 2019).

No anuário de 2010 cita-se que os acidentes de trabalho registrados pelo Ministério da previdência Social, que envolve mãos e dedos representaram 24,9% do total: 174.765 registros dos 701.469. Para reduzir estes números, foram incentivados os usos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) em planos de conscientização, treinamento e desenvolvimento (BSB, 2013).

Em 2019, dados do INSS apresentaram que, de todos os casos que envolvem acidentes com as mãos, em 34,7% ocorreram cortes e lacerações. Em apenas seis meses deste referido ano, foram realizadas 115 amputações por registro de acidente do trabalho (JORNAL MONTES CLAROS, 2019).

2.2 Projetos de engenharia

Existem muitos tipos de projeto. O projeto de engenharia atende a seu propósito essencial: transformar a ciência em sistemas utilizáveis. Projetar coisas simples com frequência não requer nenhum processo especial, e muitas pessoas podem projetá-las sem aprender a projetar. Na verdade, nós humanos somos muito bons em encontrar soluções criativas para problemas simples (MACCAHAN,2017).

Segundo Perrenoud (2000), competência é a capacidade de mobilizar e articular os conhecimentos, *savoirs-faire*, aptidões e atitudes para resolver eficazmente novos problemas, devidamente contextualizados, de forma fundamentada e consciente. Cabe lembrar que, para resolver um problema, o sujeito mobiliza os conhecimentos "que lhe permitem modelar o real e torná-lo (parcialmente) inteligível, previsível, inclusive dominá-lo" via "construção de cenários e estratégias, negociação de meios materiais, tomada de decisões, mobilização de habilidades, procedimentos, técnicas, rotinas, etc.". Mas não bastam os conhecimentos, é preciso coordená-los entre si e com as aptidões em vista da resolução do problema.

No entanto, os engenheiros geralmente serão chamados para resolver problemas muito mais complexos que exigem a consideração de múltiplas perspectivas. São convidados para resolver problemas que frequentemente envolvem conhecimento especializado, regulamentos ou legislação, e a tecnologia resultante pode ter consequências de longo alcance, incluindo a saúde e a segurança do público. O trabalho de engenharia muitas vezes envolve a busca de soluções que deve funcionar bem de muitos pontos de vista diferentes; o projeto deve funcionar bem para o usuário, deve minimizar o impacto sobre o meio ambiente e deve ser fácil de

construir e manter. À medida que a complexidade desses problemas cresce, torna-se cada vez mais difícil organizar toda a informação, equilibrar os compromissos com o sucesso completo e ainda encontrar soluções criativas e eficazes. À medida que a complexidade aumenta, há também necessidade de equipes de desenvolvimento maiores (MACCAHAN,2017).

2.3 Laminação

O Brasil está entre os dez maiores produtores de aço bruto do mundo. É atualmente, também, um ótimo consumidor. O país apresenta diversas minas ricas em ferro, possuindo mão de obra e domínio de tecnologia para a produção de aço. Para produzi-lo, no entanto, são necessárias usinas apropriadas para este fim, denominadas como Siderurgias.

A laminação é a conformação de produtos sólidos através de laminadores. É um dos fluxos de uma empresa siderúrgica, que tem como objetivo produzir o aço e vender produto semiacabado, como mostra a Figura 5 (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021).

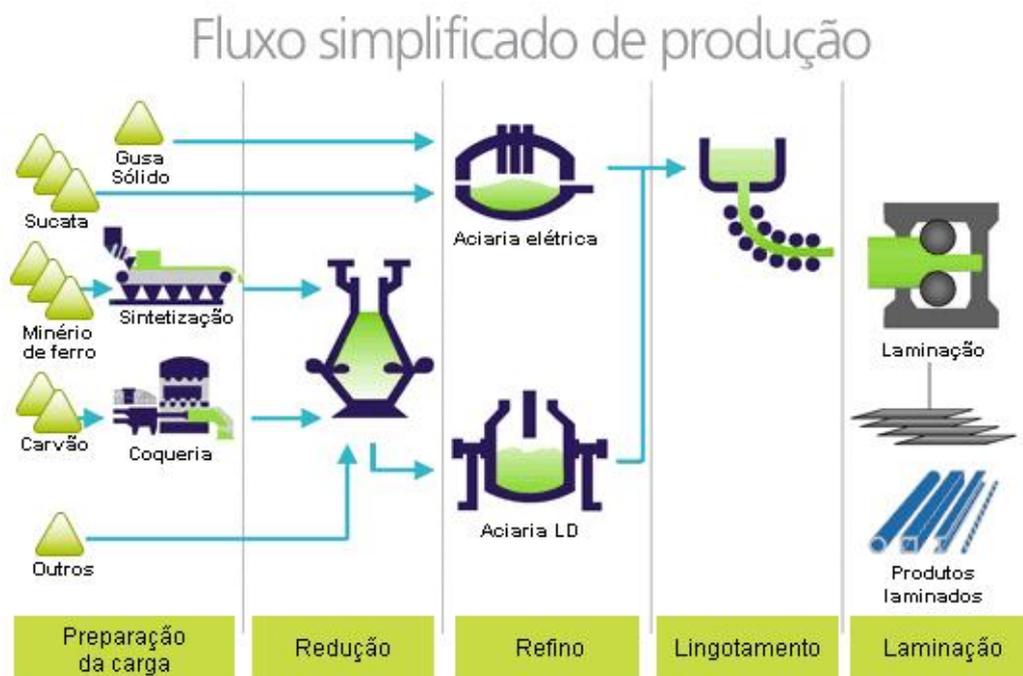


Figura 5 – Fluxo Simplificado de Produção

Fonte: Instituto Aço Brasil (2021)

Uma empresa siderúrgica tem a opção de comercializar produtos semi-acabados como placas, blocos e tarugos, e/ou laminados, provenientes do processo de laminação. Deste processo pode-se obter produtos planos e longos. Os produtos planos apresentam baixa espessura, sendo conhecidos como chapas e bobinas. Produtos longos apresentam comprimento superior a sua seção, como os perfis e barras metálicas (FELÍCIO, 2012).

A laminação é a conformação mecânica do material submetido a deformação plástica. O processo ocorre através de dois cilindros que giram em sentidos opostos. Seu objetivo é reduzir a seção transversal por compressão. Este processo pode ocorrer a frio, ou a quente, Figura 6 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2021).

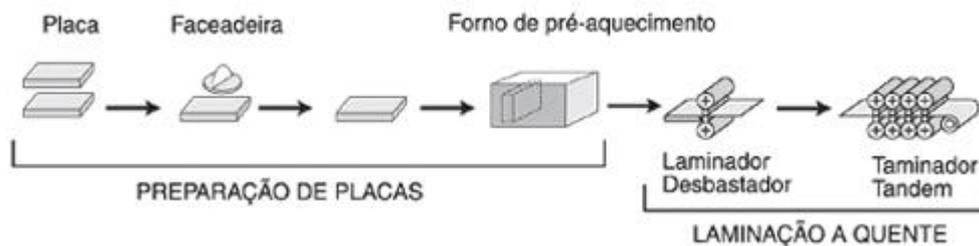


Figura 6 – Laminação a quente

Fonte: Associação Brasileira do Alumínio (2021)

Na laminação a quente, a placa, oriunda de outro processo siderúrgico, é submetida a faceadeira, de forma a retirar as impurezas superficiais da mesma. Após este procedimento é inserida no forno de aquecimento, até tornar-se semi-plástica. Quando atinge a temperatura ideal, diferente para cada bitola de placa, a mesma é retirada do forno e submetida a laminação: primeiramente é transferida para o desbastador, que vai “estica-la” a menor esforço. Após terminar este procedimento, a placa se direciona ao “Laminador Tandem” que fornecerá seu formato final, para ser entregue ao cliente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2021). A laminação de uma chapa plana pode ser mostrada através da Figura 7.

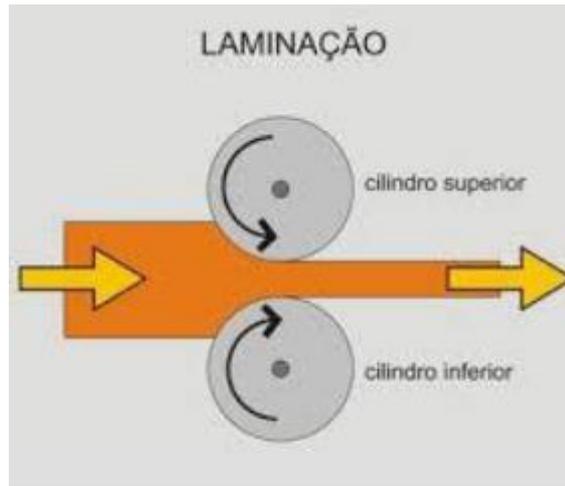


Figura 7 – Laminação de chapa plana

Fonte: Junior (2016)

Segundo Junior (2016) o processo de laminação é realizado a fim de se obter um produto final dentro de formatos especificados, com alta produção e baixo custo, e que apresente as propriedades mecânicas adequadas para seu uso.

2.3.1 Cilindros de laminação

Os cilindros de laminação, responsáveis por fornecer o formato ao produto laminado, é um dos insumos mais onerosos para as empresas siderúrgicas. Isso ocorre devido suas particularidades. São as características especiais fundamentais de um cilindro de laminação: (STAATS, 2010)

- Resistência à formação de trincas térmicas;
- Resistência ao lascamento;
- Resistência ao desgaste;
- Resistência a impactos mecânicos.

Os cilindros podem ser fabricados em ferro fundido, aço fundido e aço forjado. Os cilindros de ferro fundido são normalmente utilizados para desbaste de placas de grandes seções. Dentre os tipos citados, é o que apresenta menor custo de fabricação. Os cilindros de ferro fundido envolvem custo intermediário. São utilizados para laminar blocos e perfis com fendas profundas. Já os cilindros de aço forjado são utilizados para laminar produtos de seção

muito fina. São submetidos a tratamentos térmicos rigorosos para obter durezas elevadas. Segue, através da Figura 8, um modelo de cilindro de laminação (CIMM, 2021).

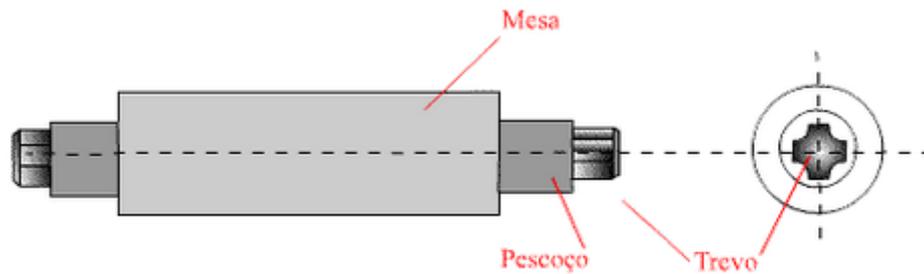


Figura 8 – Cilindro de laminação

Fonte: CIMM (2021)

Os cilindros de laminação, segundo Rizzo (2007), são fundamentais para o processo de produção de laminados, visto que determinam as dimensões do mesmo. Eles precisam apresentar características especiais de acordo com o uso, como: Resistência à formação de trincas térmicas; Resistência ao lascamento; Resistência ao desgaste; Resistência a impactos mecânicos.

Os mancais de cilindros servem para apoiá-los. Caso haja deformação nesta peça, os produtos sofreriam impactos e não atenderiam a especificação. Normalmente são usados três tipos de mancais nos laminadores: de fricção, de rolamento e mancais a filme de óleo sob pressão (JUNIOR; BADIA, 2016).

Os cilindros de laminação estão apoiados nas gaiolas por mancais, tais mancais podem ser de fibras ou mancais de rolamentos. Os mancais a base de fibras apresentam uma gaiola menos rígida e com maior cedagem, são de concepção antiga e já ultrapassados. Os mancais com rolamento formam uma gaiola com maior rigidez e, portanto com menos cedagem, além de suportarem maiores velocidades e apresentarem uma maior duração, mesmo em um ambiente extremamente agressivo com uma mistura de temperatura e água de refrigeração (MONTEIRO, 2013, p.49).

A fixação dos cilindros de laminação na cadeira do laminador é feita a partir de tranquetes, acionados por cilindros hidráulicos, que travam as chapas de desgaste dos mancais, conforme a Figura 09. Por isso a importância de retirar a folga dos mancais, impedindo a movimentação dos cilindros de laminação no sentido axial, o que poderia levar a imprecisão dimensional e instabilidade durante o processo de laminação.



Figura 9 – Cilindro de laminação inserido no laminador
Fonte: Do próprio autor (2021)

2.4 Porca hidráulica

A porca hidráulica é uma ferramenta eficaz quando se necessita de montagem e desmontagem de rolamentos sem impacto, aumentando sua vida útil. A Figura 10 mostra a imagem de uma porca hidráulica. (BGL, 2021)



Figura 10– Porca Hidráulica
Fonte: SKF (2021)

Devido a montagem e desmontagem de rolamentos, de forma tradicional, ser considerada difícil e demorada, muito se observa na utilização de porcas hidráulicas. Ela permite aplicação fácil e rápida de forças de deslocamento para montagem e desmontagem de rolamentos. De corpo roscado, utiliza de uma bomba hidráulica manual para encurtar o tempo de montagem. Entre as vantagens de seu uso estão: (SKF, 2021; BGL, 2021)

- Redução até 10 vezes no tempo de montagem e desmontagem de rolamentos e buchas;
- Redução de custo na montagem e desmontagem de rolamentos e acessórios;
- Uma montagem e desmontagem, rápida, precisa, segura, limpa e sem esforço.

2.5 Dimensionamento de atuadores hidráulicos

Segundo Moreira (2012) os atuadores convertem energia hidráulica em trabalho e, por isso, são chamados de componentes de saída de um sistema hidráulico.

Os atuadores se classificam basicamente em dois tipos:

- Atuadores lineares, também conhecidos como cilindros, que transformam energia hidráulica em mecânica, produzindo movimentos lineares de ida e volta.
- Atuadores rotativos e giratórios que convertem energia hidráulica em mecânica, produzindo movimentos circulares rotativos ou giratórios.

A porca hidráulica constitui-se de um atuador linear, possuindo uma carcaça tubular e um êmbolo provido de anéis de vedação e conexões de entrada e saída de óleo hidráulico.

Os atuadores hidráulicos lineares são dimensionados a partir do conhecimento ou da estimativa da força de avanço necessária para produzir o trabalho desejado. Essa força de avanço, a qual representamos por (F_a), é função da seção transversal interna da camisa do atuador, representada por (A_p), bem como da variável (P_{tb}), que representa a pressão de trabalho do sistema e do rendimento (η) do atuador, que é da ordem de 90%. A Figura 11 ilustra a representação de um mecanismo automatizado por meio de um atuador hidráulico linear para expansão simultânea de duas guias, identificando suas variáveis de dimensionamento. (FIALHO,2019)

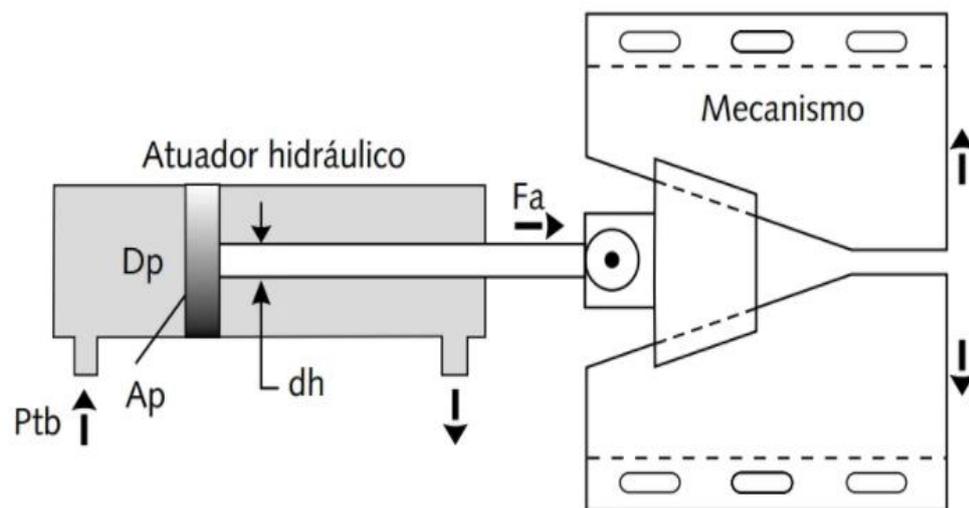


Figura 11-Atuador hidráulico linear
Fonte: Adaptado de Fialho (2019)

Em que:

- F_a = Força de avanço em N;
- A_p = Área do pistão (êmbolo) em cm^2 ;

- P_{tb} = Pressão (hidrostática) de trabalho em bar;
- D_p = Diâmetro do pistão em cm;
- d_h = Diâmetro da haste em cm;
- $\eta = 0,90$.

Assim, com relação à área da seção transversal e considerando o rendimento do atuador, podemos escrever que:

$$A_p = (\pi/4 \eta) D_p^2$$

2.6 Dimensionamento da bomba

Após o dimensionamento dos atuadores devemos partir para o dimensionamento da bomba que será utilizada.

A bomba é, provavelmente o componente mais importante do sistema hidráulico. Sua função é converter a energia mecânica em energia hidráulica, enviando um fluxo determinado de óleo do reservatório para o circuito hidráulico. As bombas são construídas em diversos tamanhos e formatos e podem ser manuais ou mecânicas, com diversos tipos de mecanismos de bombeamento, para as mais variadas aplicações. (MOREIRA,2012)

Basicamente existem duas grandes famílias de bombas: “Bombas de deslocamento fixo, que são aquelas onde a vazão depende exclusivamente da velocidade de rotação; e Bombas de deslocamento variável, onde a vazão depende da velocidade de rotação podendo também ser influenciada por dispositivos reguladores ou variadores”. (PEDROSA, 2006)

Segundo Fialho (2019) ao selecionarmos uma bomba para o projeto, devemos considerar que ela forneça e suporte no mínimo à pressão de trabalho necessária ao atuador de maior solicitação quanto à pressão (cilindro hidráulico ou motor), mais a perda de carga da linha de pressão do sistema. Assim:

$$P_B \geq P_t + \text{Perda de carga na linha de pressão}$$

Outros dados ainda podem auxiliar quando da escolha da bomba nos catálogos dos fabricantes, e esses dados são obtidos pelo cálculo do tamanho nominal descrito a seguir:

Deslocamento (cilindrada):

$$V_{\sigma} = \frac{1000 \cdot Q_B}{n \cdot \eta_v}$$

Momento de torção absorvido:

$$M_t = \frac{Q_B \cdot \Delta P}{100 \cdot \eta_{mh}}$$

$$M_t = \frac{9549 \cdot N}{n}$$

Potência absorvida:

$$N = \frac{M_t \cdot n}{9549}$$

$$N = \frac{Q_B \cdot \Delta P}{600 \cdot \eta_t}$$

Em que:

- V_g = Volume de absorção [cm³/rotação]
- M_t = Torque absorvido [N.m]
- n = Rotação [900 a 1800 RPM]
- η_v = Rendimento volumétrico [0,91 – 0,93]
- η_{mh} = Rendimento mecânico – hidráulico [0,82 – 0,97]
- η_t = Rendimento total [0,75 – 0,90] = ($\eta_{mh} \times \eta_v$)
- Q_B = Vazão da bomba [LPM]
- N = Potência absorvida [kW]

As bombas são fabricadas em vários tamanhos e formas, podem ser mecânicas ou manuais, com diversos e complexos mecanismos de bombeamento para várias aplicações. Todas as bombas, entretanto, são classificadas em uma de duas categorias básicas – hidrodinâmica e hidrostática – e podem ser, ainda, de deslocamento fixo, em que o deslocamento ocorre através da bomba por rotação e não pode ser ajustado, e por deslocamento variável, resultando em uma construção mais complexa e que permite o ajuste do deslocamento. (FIALHO,2012)

Dentre os diversos modelos de bombas hidráulicas podemos destacar os seguintes:

- Bombas de engrenagens: Segundo Stewart (1981), as bombas de engrenagem podem usar mecanismos de bombeamento que consiste em: engrenagens internas, engrenagens externas ou uma combinação de engrenagens internas e externas.

As engrenagens giram em sentidos opostos, criando um vácuo parcial na câmara de entrada da bomba. O fluido é introduzido no vão dos dentes e transportado na carcaça até a câmara de saída. Ao se engrenarem novamente, os dentes forçam o fluido para a abertura de saída. A alta pressão na abertura de saída impõe uma carga radial nas engrenagens e nos rolamentos. Esse tipo de bomba é geralmente utilizado para pressões até 210 bar e vazão até 660 LPM. Vemos, então, que a bomba de engrenagens, que é mostrada na Figura 12, é mais bem utilizada em circuitos que requeiram baixa ou média vazão e pressão relativamente alta. (FIALHO,2012)

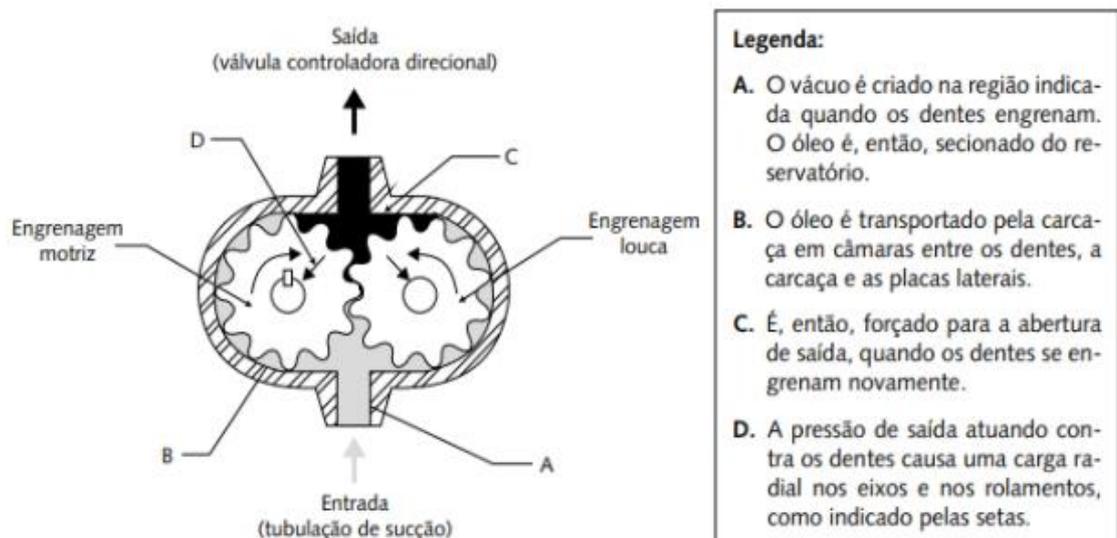


Figura 12-Bomba de engrenagens externas
Fonte: Adaptado de Fialho (2019)

- Bombas de palhetas: De acordo com Fialho (2012) uma bomba de palhetas é constituída por um rotor provido de ranhuras nas quais deslizam palhetas que, durante o movimento de rotação desse rotor, entram em contato com um anel excêntrico, graças ao efeito da força centrífuga.

O rotor de uma bomba de palheta suporta as palhetas e é ligado a um eixo que é conectado a um acionador principal. À medida que o rotor é girado, as palhetas são “expulsas” por inércia e acompanham o contorno do cilindro (o anel não gira). Quando as palhetas fazem contato com o anel, é formada uma vedação positiva entre o topo da palheta e o anel. O rotor é posicionado fora do centro do anel. Quando o rotor é girado, um volume crescente e decrescente é formado dentro do anel. Não havendo abertura no anel, uma placa de entrada é usada para separar o fluido que entra do fluido que sai. A placa de entrada se encaixa sobre o anel, o rotor e as palhetas. A abertura de entrada da placa de orifício está localizada onde o volume crescente é formado. O orifício de saída da placa de orifício está localizado onde o volume decrescente é gerado. Todo o fluído entra e sai do mecanismo de bombeamento através da placa de orifício (as aberturas de entrada e de saída na placa de orifício são conectadas respectivamente às aberturas de entrada e de saída na carcaça das bombas), a Figura 13 demonstra uma bomba de palheta de volume variável. (GOMES,2008)

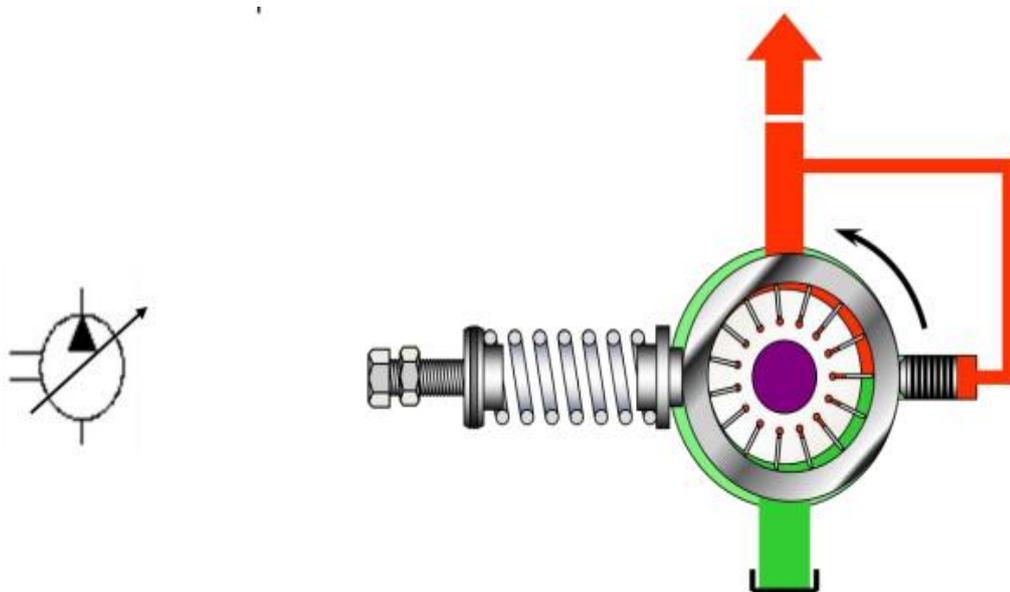


Figura 13-Bombas de Palheta de Volume Variável
Fonte: Adaptado de Gomes (2008)

- Bombas de parafusos: As Bombas de parafuso, demonstrada na Figura 14, apresentam um par de engrenagens em espiral localizadas dentro de um cilindro fechado. Moreira (2008) ressalta que o movimento rotativo dos parafusos faz com que o óleo seja transportado pelos vãos entre os filetes das roscas, no sentido longitudinal, do pórtico de entrada para o de saída da bomba.

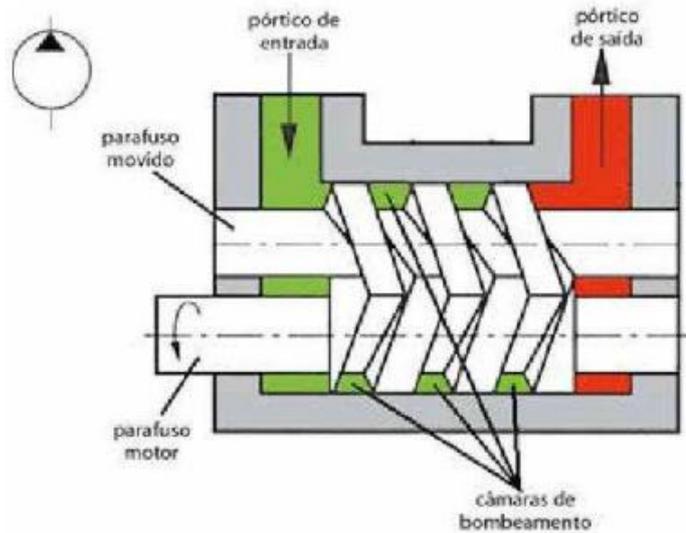


Figura 14 – Bomba de parafusos
 Fonte: Adaptado de Moreira (2008)

- Bombas de pistões: Todas as bombas de pistões funcionam com base no princípio do movimento alternativo executado pelos pistões, ou seja, sucção do fluido em um sentido e expulsão no sentido contrário. (FIALHO,2019)

De acordo com Gomes (2008), as bombas de pistões se classificam em bombas de pistões radiais, mostrada na figura 15, onde o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor. Conforme vai girando, a força centrífuga faz com que os pistões sigam o controle do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros e em bombas de Pistão Axial de Volume Variável em que o deslocamento da bomba de pistão axial é determinado pela distância que os pistões são puxados para dentro e empurrados para fora do tambor do cilindro.

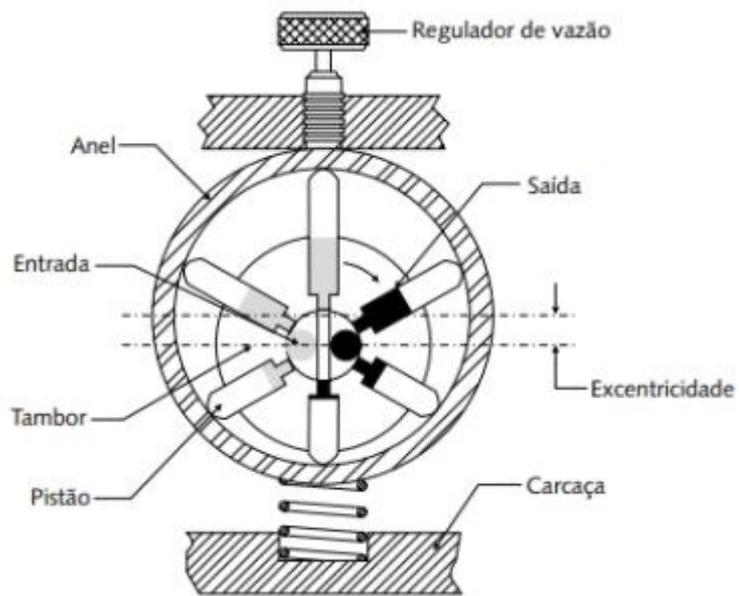


Figura 15 – Bomba de pistões radiais
Fonte: Adaptado de Fialho (2019)

3 METODOLOGIA

A metodologia científica apresenta os procedimentos necessários para a realização da pesquisa, variando conforme a particularidade da mesma (GIL, 2002). Trata-se das regras da produção textual, primordiais para a elaboração de trabalhos com base científica.

Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa com base científica é um estudo planejado que busca responder alguma questão, procedimento ou problema, através de um método científico aplicado. É a aproximação entre a investigação e a realidade, sendo caracterizada em quatro áreas: conforme sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Cada uma destas áreas apresentadas é subdividida em outras menores, como mostra a Figura 16.



Figura 16 – Pesquisa Científica
 Fonte: Adaptado de Silva e Menezes (2021)

3.1 Tipo de pesquisa

Tratando da metodologia da presente pesquisa, conforme sua natureza, a mesma é caracterizada como aplicada, por buscar solucionar um problema identificado dentro do ambiente organizacional. A pesquisa de natureza aplicada é conhecida por sua capacidade de envolver os interesses, gerando conhecimento para uma aplicação prática (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A abordagem é qualitativa devido a abordagem teórica do problema encontrado, levando em consideração as suas possíveis soluções e detalhando a criação do projeto para saná-lo. Uma abordagem deste modelo não requer dados quantitativos, mas, relaciona a interpretação de dados de conteúdo teórico ou de observações (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto ao objetivo da pesquisa, a mesma é caracterizada como descritiva, porque, conforme Gil (2002) é a descrição das características de um fenômeno por parte das relações de suas variáveis. Isso ocorre devido a observação e entendimento do problema identificado. Vê-se necessário descrever o cenário vivenciado para, a partir das observâncias das variáveis encontradas, propor um projeto de melhoria que desenvolva uma porca hidráulica para ajustar a folga dos mancais deste setor produtivo.

3.2 Materiais e métodos

O procedimento utilizado neste estudo, então, se resume em análise bibliográfica e estudo de caso. Este primeiro aborda itens fundamentais para compreender o cenário identificado. Neste referencial são abordados temas que envolvem segurança, laminação e projetos. Todos estes itens são fundamentados em trabalhos previamente elaborados e disponíveis para consultas, sejam eles: artigos, livros, monografias, entre outros. O estudo de caso, segundo procedimento desta pesquisa, é a abordagem propriamente dita da pesquisa. É o relato da identificação do problema, bem como sua proposta de solução.

O estudo envolve a elaboração de uma porca hidráulica para ajuste de folga dos mancais. Assim, o fluxograma contendo os detalhes do estudo é apresentado pela Figura 17.

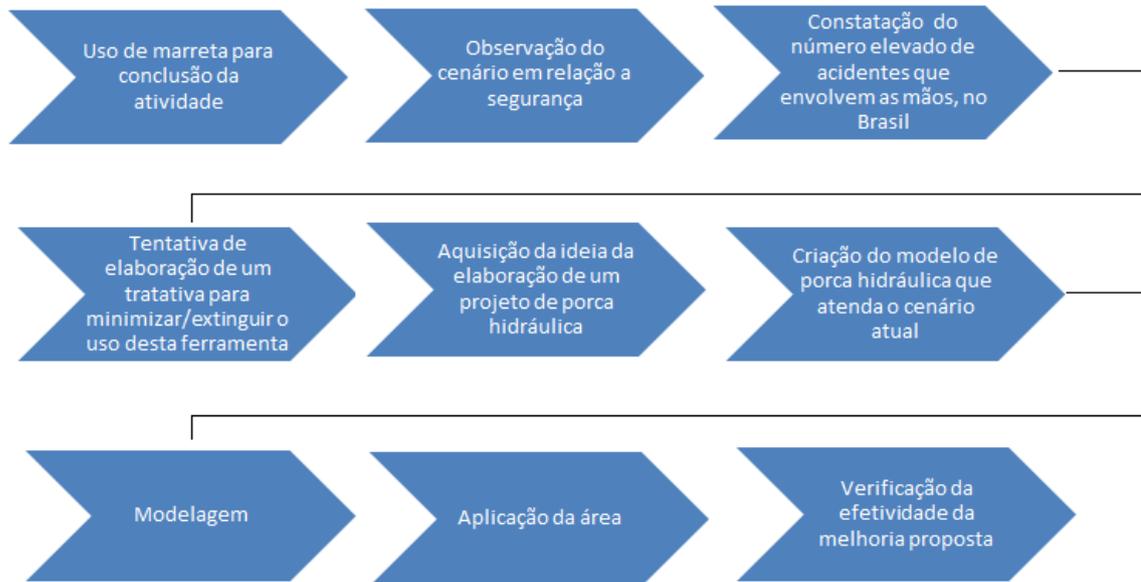


Figura 17 – Fluxograma da Pesquisa Científica
Fonte: Pesquisa direta (2021)

3.3 Variáveis e indicadores

Variável é aquilo que assume variados valores, seja de caráter qualitativo e quantitativo. Os indicadores, no entanto, são ferramentas que gerenciam o sistema organizacional, se objetivando a rastrear o andamento de um fluxo. Ambos os itens são essenciais para dar seguimento o desenvolvimento da pesquisa (BANDEIRA, 2021). A tabela 1 apresenta as principais variáveis e indicadores presentes no trabalho.

VARIÁVEIS	INDICADORES
ANALISE DE RISCOS	- REGISTROS ACIDENTES - OBSERVAÇÃO DE CONDIÇÕES ERGONOMICAS DESFAVORÁVEIS
ETAPAS DE ADEQUAÇÃO	1- ELABORAÇÃO DE CROQUI 2- ELABORAÇÃO DO PROJETO 3- SIMULACAO ATRAVES DE SOFTWARES 4- ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA 5 – IMPLIMENTAÇÃO DO PROJETO

Tabela 1-Variáveis e indicadores da pesquisa
Fonte: Pesquisa direta (2021)

3.4 Instrumentos de coleta de dados

Foi utilizado como base de dados a pesquisa bibliográfica envolvendo normas técnicas, livros, artigos, monografias e revistas sobre os assuntos abordados. Também foi utilizada a base de dados de uma empresa de grande porte do setor siderúrgico, como desenhos, fichas de *checklist* com especificações técnicas e também registros fotográficos do arquivo. Para coleta e registros dimensionais foram utilizados paquímetro, micrometro e aparelhos de medição em 3d.

3.5 Tabulação de dados

Para elaboração do projeto serão utilizados *softwares* de modelagem e simulação em 3D, tais como *AutoCad* e *SolidWorks*, objetivando-se alcançar os objetivos e resultados esperados.

3.6 Considerações finais do capítulo

Nesse capítulo foi detalhado o tipo de pesquisa, materiais e métodos que serão utilizados na elaboração do projeto desejado. Também foi apresentada a área em que ocorre a pesquisa e a forma como foi realizada a coleta e tabulação de dados.

Nos próximos capítulos serão abordados os resultados e conclusão bem como a aplicação prática do projeto desenvolvido.

4 RESULTADOS

A aplicação do estudo de caso acontece na área de laminação de planos de uma usina siderúrgica, mais especificamente na produção de bobinas a quente. Seu intuito é desenvolver um dispositivo hidráulico capaz de auxiliar no ajuste de folga dos mancais em cilindros, evitando a exposição de trabalhadores ao realizar tal procedimento. Isso porque, trabalhadores do local expõem suas mãos ao realizar a atividade.

4.1 Considerações iniciais

A troca de cilindro é fundamental ao processo de laminação, visto que os mesmos são submetidos a vários tipos de tensões e cargas, desgastando-se continuamente e afetando a qualidade superficial do material que está sendo laminado, sendo necessário sua retificação.

A vida útil do cilindro é de 100mm, sendo que em cada processo de retificação são usinados aproximadamente 0,65 mm, portanto cada cilindro realiza em média 150 campanhas, mas esse número pode ser encurtado devido a trincas e lascamentos. Se a manutenção dos mancais e rolamentos for executada corretamente não há limite para a vida útil estabelecido para os mesmos. Após o fim da vida útil dos cilindros, os mancais devem ser desmontados para a montagem em um cilindro novo, outro motivo de desmontagem dos mancais é a deterioração dos retentores que ocasionam vazamento de óleo lubrificante, sendo necessário sua substituição.

A troca dos cilindros precisa ocorrer em menor tempo possível, para não afetar a produtividade do equipamento. É evidente, no entanto, que mais importante que a produtividade, é a segurança do trabalhador. Assim, este estudo de caso, propõe de possibilitar o ajuste de folga dos cilindros sem que haja intervenção do operador, reduzindo a possibilidade de acidentes com as mãos.

O laminador utilizado nesta linha de produção apresenta mancais diferenciados devido às suas posições: Mancal inferior e superior lado de acionamento; Mancal inferior e superior do lado de operação. Acionamento e operação é o do lado em que se encontram os mancais. Sendo acionamento o lado em que se localiza a parte motora do equipamento e operação por sua vez é o lado onde está a cabine de operação.

4.2 Procedimento atual de montagem e desmontagem de mancais de laminação

A utilização da manutenção, como função estratégica das organizações é considerada responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tendo importância capital nos resultados da empresa, sendo que seus resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção (OTANI; MACHADO, 2008).

A manutenção preventiva é realizada em equipamentos que não estejam em falha, em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios específicos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item, ou seja, é uma manutenção programada (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

Quando os cilindros de laminação chegam ao fim de sua vida útil ou quando os mancais e rolamentos necessitam de manutenção programada, ocorre a desmontagem dos mancais. Essa desmontagem atualmente é feita te girando-se uma porca mecânica com auxílio de uma chave gancho, através de impacto utilizando uma marreta de cinco quilos, muitas vezes sendo necessário também a utilização de ponte rolante e uma cinta ou cabo de aço para auxiliar. O procedimento de montagem é feito da mesma forma: a porca mecânica é girada em sentido anti-horário apoiando-se em uma abraçadeira montada no pescoço do cilindro de laminação, travando o mancal, assim, impedindo sua movimentação no sentido axial. Esse processo pode ser observado na Figura 18.



Figura 18 – Montagem do cilindro de laminação
Fonte: Do próprio autor (2021)

4.3 Dimensionamento

O projeto proposto visa retirar o operador da exposição ao risco. Para tal, no entanto, foi preciso criar o projeto propriamente dito. Foi necessário resgatar o projeto dos mancais e cilindros, disponibilizado pela empresa, que se encontram nos anexos para efetuar a proposta de melhoria. Como o projeto foi disponibilizado em *AutoCad*, foi utilizada esta mesma ferramenta para desenhar a porca hidráulica. Devido a diferenças dimensionais entre os mancais do lado de acionamento e do lado de operação foi necessário o desenvolvimento de dois modelos de porca hidráulicas com diâmetros diferentes mostrados nas Figuras 19 e 20.

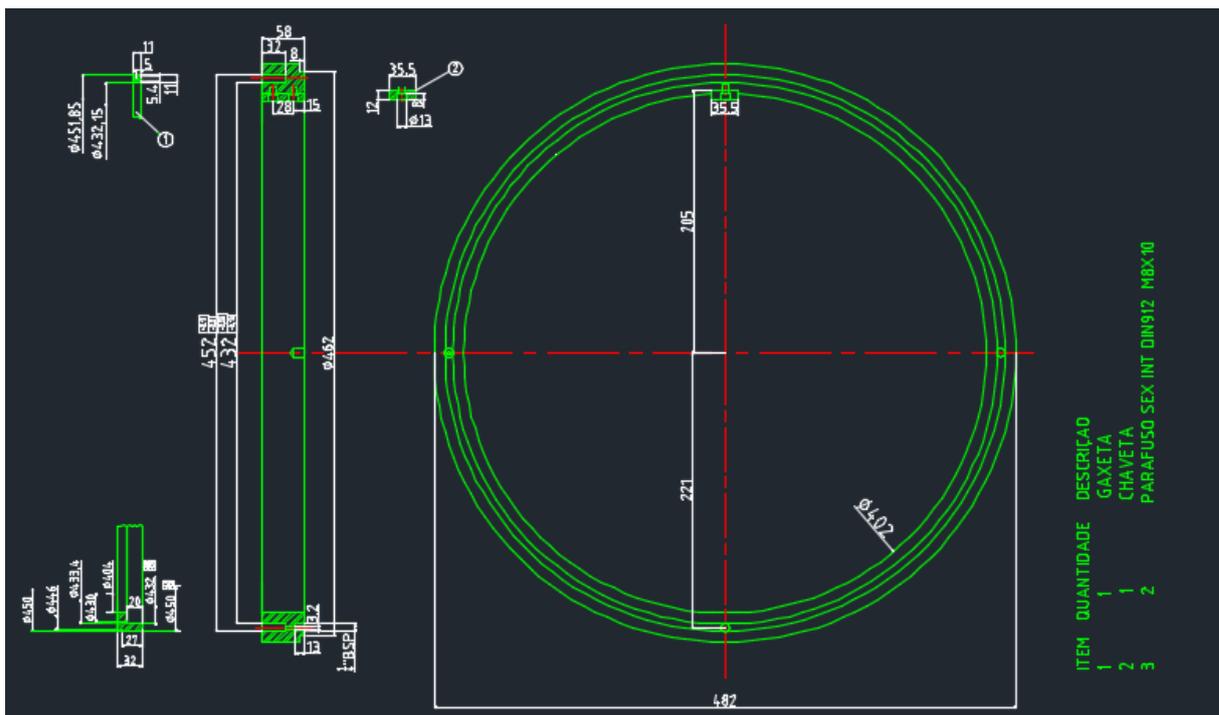


Figura 19 – Porca Hidráulica lado operação desenhada em AutoCad
Fonte: Pesquisa direta (2021)

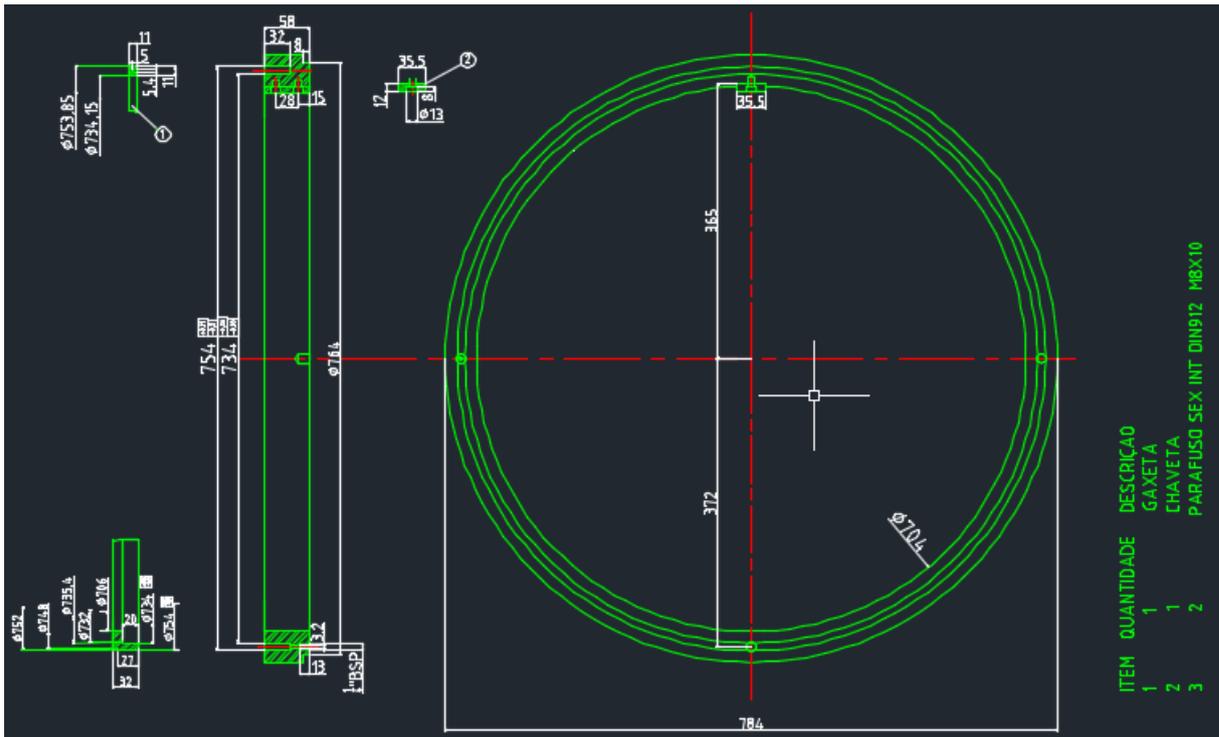


Figura 20 - Porca Hidráulica lado acionamento desenhada em AutoCad
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

Após a execução do desenho das porcas hidráulicas notou-se a necessidade de modificação nas porcas mecânicas dos mancais, pois as porcas atuais impossibilitariam o funcionamento do projeto, devido a limitações dimensionais. Os desenhos dos novos modelos são mostrados nas figuras 21 e 22.

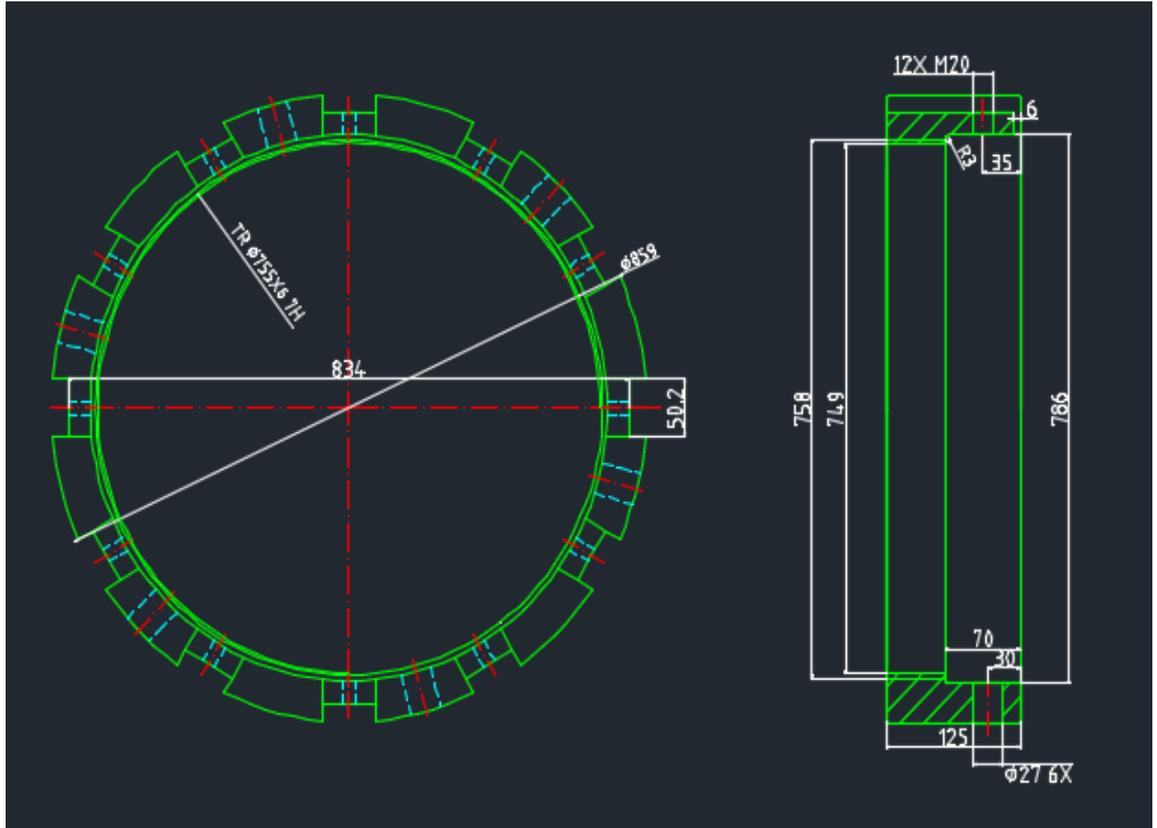


Figura 21 – Porca mecânica lado Acionamento
Fonte: Pesquisa direta (2021)

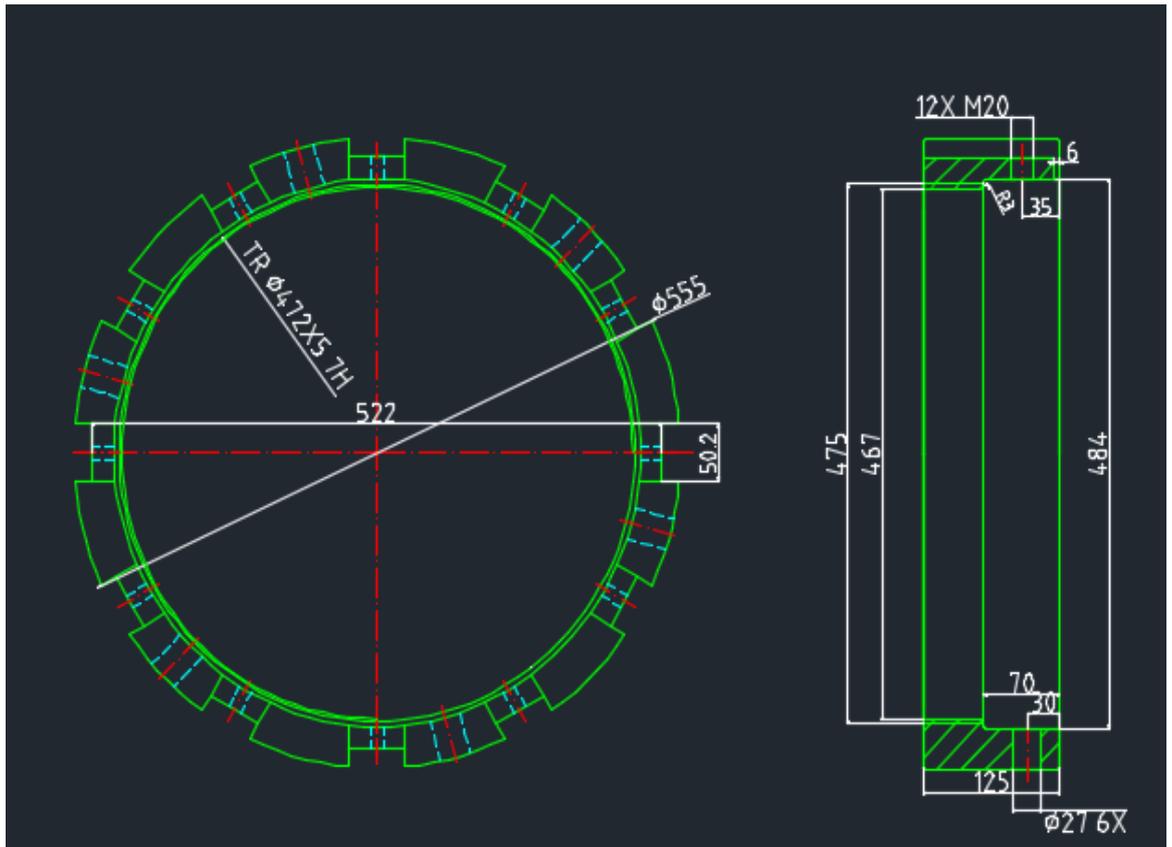


Figura 22 – Porca mecânica lado Operação
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

Depois de efetuado o desenho em *AutoCad*, o mesmo foi modelado em *SolidWorks*, para facilitar a compreensão do projeto, além de proporcionar uma visão em 3D do mesmo. As imagens que representam a porca hidráulica antes e após o aperto são representadas pelas Figuras 23 e 24, respectivamente.

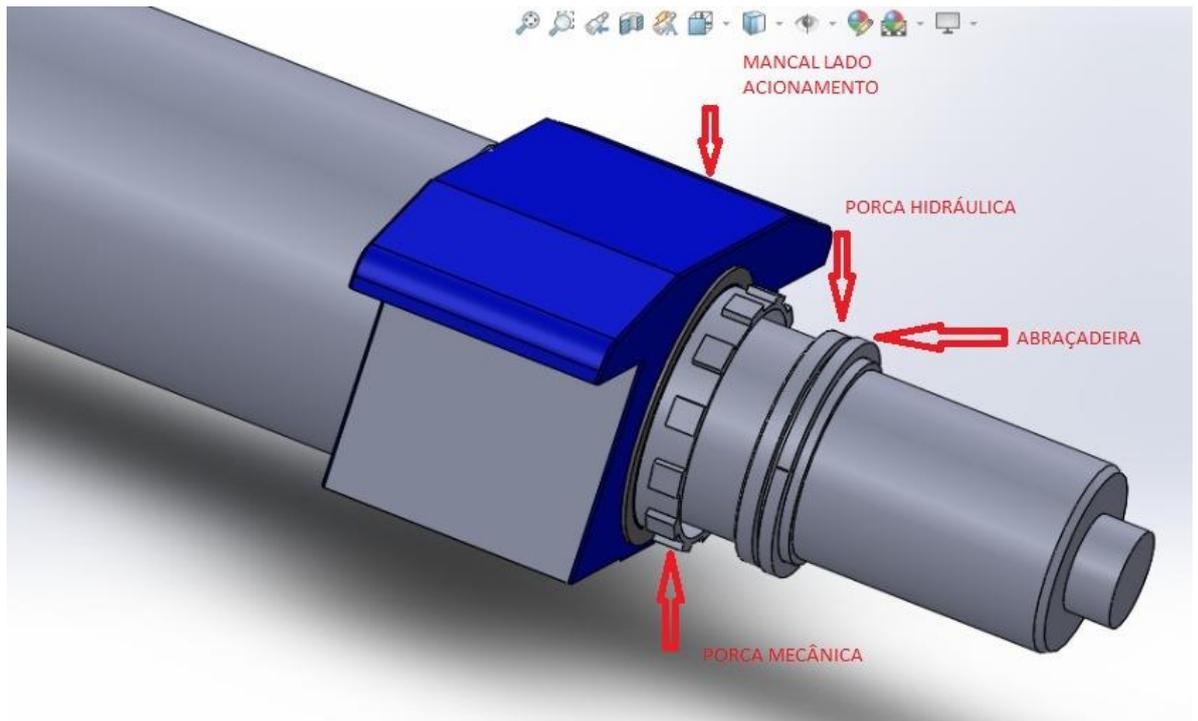


Figura 23 – Porca Hidráulica antes do aperto
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

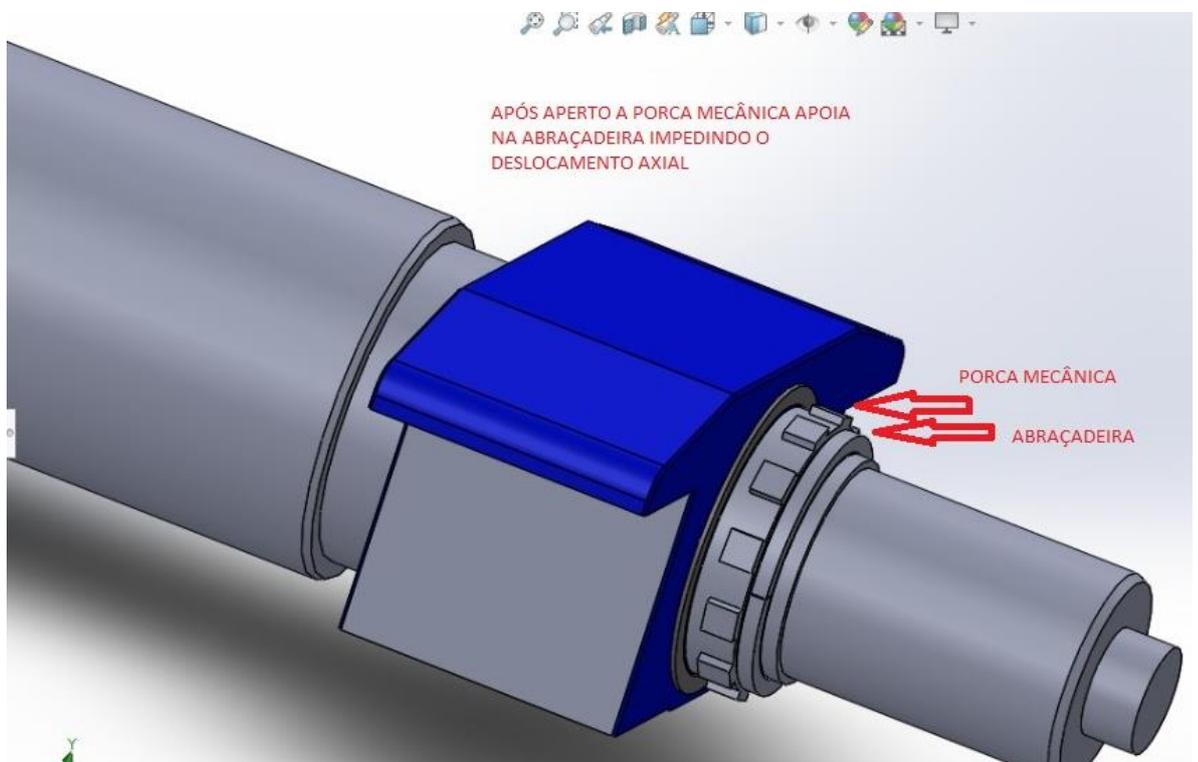


Figura 24 – Porca Hidráulica após o aperto
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

4.4 Cálculo da pressão

No anexo 2 se encontra parte do Procedimento de Rotina (PR) da atividade denominada como “Manutenção de mancais de trabalho do LTQ/LCG/LA” cuja última revisão ocorreu dia 30/06/2021.

Considerando a área para cálculo de pressão, calcula-se a área do pistão (êmbolo) lado operação em cm² utilizando a fórmula $A_p = (\pi/4 \eta) D_p^2$:

$$A_p = ((3,1416/(4*0,9))*(0,552*0,552)) - ((3,1416/(4*0,9))*(0,532*0,532)) = 0,0189 \text{ m}^2$$

Sabendo que a força necessária para montar o mancal sem que haja folga e o mesmo não possa se deslocar é de 155.000 Newtons, força essa informada pelo fabricante do laminador, responsáveis pelo projeto dos mancais, a pressão necessária é:

$$\text{Pressão} = F/A$$

$$\text{Pressão} = 155.000/0,0189$$

$$\text{Pressão} = 8201058,2 \text{ Pa}$$

Transformando Pa em Psi:

$$\text{Psi} = \text{Pa}/6895$$

$$\text{Psi} = 8201058,2 \text{ Pa}/6895$$

$$\text{Pressão} = 1.189,4 \text{ ou aproximadamente } 1.200 \text{ Psi}$$

O mesmo cálculo também deverá ser feito para se encontrar a pressão necessária para montagem do lado de acionamento.

$$A_p = ((3,1416/(4*0,9))*(0,754*0,754)) - ((3,1416/(4*0,9))*(0,734*0,734)) = 0,0259 \text{ m}^2$$

Sabendo que a força necessária é de 155.000 Newtons, a pressão necessária é:

$$\text{Pressão} = F/A$$

$$\text{Pressão} = 155.000/0,0259$$

$$\text{Pressão} = 5984555,9 \text{ Pa}$$

Transformando Pa em Psi:

$$\text{Psi} = \text{Pa}/6895$$

$$\text{Psi} = 5984555,9 \text{ Pa}/6895$$

$$\text{Pressão} = 867,95 \text{ ou aproximadamente } 870 \text{ Psi}$$

A perda de carga na linha de pressão não será relevante pois não há presença de acessórios que poderiam contribuir com a perda de carga localizada, como joelhos, curvas etc. Também não haverá uma perda de pressão distribuída significativa devido ao comprimento da mangueira utilizada na unidade hidráulica.

4.5 Funcionamento da porca hidráulica

Após posicionamento do mancal no cilindro, é montada primeiro a porca hidráulica, a montagem se realizará sem interferência pois há folga entre o cilindro e a mesma, posteriormente será montada a abraçadeira bipartida, sendo que esta possui dois furos alinhados aos da porca hidráulica por onde um tubo, como o mostrado na figura 24, será inserido e enroscado na porca hidráulica. Este tubo apresenta rosca BSP 1/4” na extremidade que irá na porca e um engate rápido de 3/8” na outra extremidade onde se conectará a mangueira.

Com a mangueira conectada a bomba é acionada, já com a pressão definida, deslocando o êmbolo da porca hidráulica, este se apoia no mancal deslocando-o até que este chegue à parte cônica do pescoço do cilindro eliminando a folga que existe entre o mancal e a abraçadeira, impossibilitando que ele se desloque axialmente, o que poderia trazer instabilidade na laminação e defeitos dimensionais no produto.

A porca mecânica é então girada até se apoiar na abraçadeira, podendo então se retirar a pressão da porca hidráulica e recuar seu êmbolo, para que a porca mecânica permaneça nesta posição é montada uma chaveta em formato ‘L’ travando na abraçadeira.



Figura 25 – Tubo para acionamento da porca hidráulica
Fonte: Do próprio autor

4.6 Escolha da bomba

Para acionamento das porcas hidráulicas foi escolhida a unidade hidráulica Morgoil 10367934AS em que a pressão pode ser ajustada até um valor máximo de 2000 PSI, atendendo a necessidade do projeto.

Essa unidade possui uma bomba de palhetas e seu acionamento é feito através de ar comprimido em que a pressão de trabalho não deve exceder 8 bar ou 120 PSI.

Para suportar a pressão de trabalho esta unidade utiliza mangueiras com diâmetro de 3/8” e 5800 PSI de pressão máxima de trabalho, conectado a mangueira um engate rápido de 3/8”.

As bombas de palheta produzem uma ação de bombeamento fazendo com que as palhetas acompanhem o contorno de um anel ou carcaça. O rotor de uma bomba de palheta suporta as palhetas e é ligado a um eixo que é conectado a um acionador principal. À medida que o rotor é girado, as palhetas são “expulsas” por inércia e acompanham o contorno do cilindro (o anel não gira). Quando as palhetas fazem contato com o anel, é formada uma vedação positiva entre o topo da palheta e o anel. O rotor é posicionado fora do centro do anel. Quando o rotor é girado, um volume crescente e decrescente é formado dentro do anel. Não havendo abertura no anel, uma placa de entrada é usada para separar o fluido que entra do fluido que sai. A placa de entrada se encaixa sobre o anel, o rotor e as palhetas. A abertura de entrada da placa de orifício está localizada onde o volume crescente é formado. O orifício de saída da placa de

orifício está localizado onde o volume decrescente é gerado. Todo o fluido entra e sai do mecanismo de bombeamento através da placa de orifício (ANDRADE;FERRAZ;GOMES,2008).



Figura 26 – Unidade hidráulica Morgoil
Fonte: Manual unidade hidráulica Morgoil (2012)

4.7 Novo procedimento de montagem

Para montagem dos mancais nos cilindros de laminação utilizando a porca hidráulica um novo procedimento deverá ser realizado, seguindo os seguintes passos:

1°- Após o mancal estar posicionado, montar a porca hidráulica no cilindro alinhando a chaveta.

2°- Montar a abraçadeira bipartida no cilindro.

3°- Conectar os engates da unidade hidráulica na porca e ajustar a pressão necessária.

4°- Após retirar a folga do mancal, girar a porca mecânica no sentido anti-horário que passará por fora da porca hidráulica até se apoiar na abraçadeira.

5°- Achar os rasgos da porca mecânica e abraçadeira que coincidam e permitam a montagem da chaveta em 'L' responsável por travar o mancal na posição correta impedindo seu deslocamento axial, conforme figura 25.

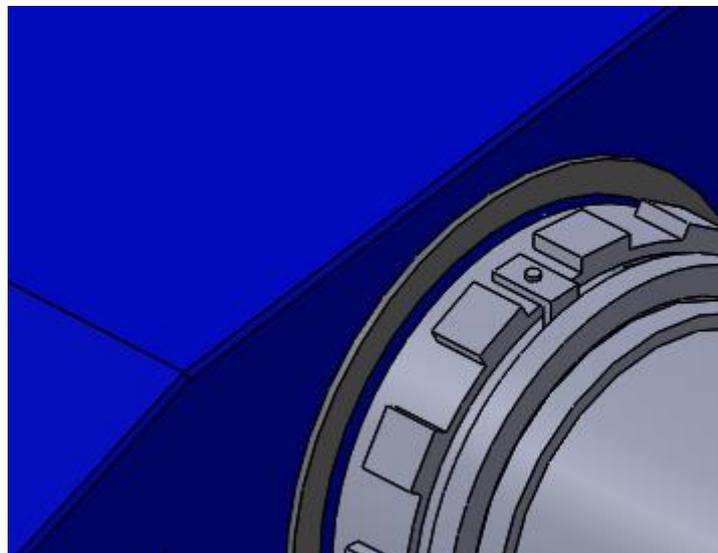


Figura 27 – Montagem da chaveta
Fonte: Pesquisa direta (2021)

A tabela 3 mostra as diferenças entre o procedimento tradicional e o novo procedimento:

	Procedimento tradicional	Novo procedimento (estimado)
Pessoas necessarias a atividade	2	2
Tempo de trabalho	8 Hrs	6 Hrs
Risco de acidente	Alto risco de acidentes e exposição ao perigo	Baixo risco devido a baixa exposição

Tabela 2-Diferenças entre o procedimento tradicional e o novo procedimento
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

Sabendo que o projeto atende aos requisitos do procedimento e apresentando a pressão adequada para montar o mancal no cilindro sem o contato manual, afirma-se que a melhoria apresentada atende seu objetivo. Com a implantação da porca hidráulica, corretamente dimensionada, e conhecendo a pressão que atende a força necessária para a montagem, o trabalhador evita contato manual durante a atividade de manutenção e evita-se, assim, acidente com as mãos neste tipo de procedimento.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

A implantação do projeto diminui a exposição do operador ao risco de acidentes. Isso porque o projeto reduz a aproximação e o contato direto do trabalhador, no momento em que se executa a atividade de manutenção de troca de mancais de trabalho. Como conclusão deste estudo, assim, pode-se afirmar que foram atendidos os três objetivos propostos, com foco, no entanto, na exibição do estudo de caso referente ao desenvolvimento de um dispositivo hidráulico capaz de auxiliar no ajuste de folga dos cilindros.

A segurança é fator primordial em qualquer que seja a situação. Tal assunto recebe ainda mais ênfase dentro do ambiente industrial, caracterizado como de alto grau de exposição do trabalhador a possíveis acidentes. Neste caso, foi mostrado como critérios de segurança podem ser maximizados dentro de uma organização, apresentando um projeto que visa reduzir o contato manual do trabalhador durante a manutenção de mancais.

Podemos notar que mesmo a segurança tendo sido o principal objetivo com a elaboração deste projeto, também tivemos ganhos significativos no tempo estimado de duração da atividade.

O uso do software *solidworks* (2019) facilitou a compreensão do projeto e seu funcionamento, mostrando que o projeto tem condições de ser aplicado na área, por apresentar dimensões de projeto satisfatórias atendendo as limitações dimensionais dos equipamentos em que irão ser implantadas.

Ao atingir seus objetivos específicos, assim, afirma-se que este trabalho alcançou seu objetivo geral, que era desenvolver uma porca hidráulica, para ajuste de folga dos mancais de cilindro de laminação de Chapas Grossas.

5.2 Recomendações

Como trabalho futuro recomenda-se análise da viabilidade econômica do projeto, através de orçamento do valor de fabricação com empresas do setor, recomendando-se a fabricação de um protótipo e somente após testes a fabricação para todos os conjuntos de cilindros.

A fim de que a montagem da porca possa ser feita sem a utilização de ponte rolante ou outros equipamentos de içamento recomenda-se uma análise no mercado de materiais cuja resistência torne possível reduzir o peso da porca hidráulica sem comprometer seu funcionamento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Laminação**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/laminacao/#accordion1>>. Acesso em: 12 de abril. 2021.

BANDEIRA, M. **Definição das variáveis e métodos de coleta de dados**. Apostila, UFSJ. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/lapsam/Metodo%20de%20pesquisa/Metodos%20de%20pesquisa%202013/Texto_9_-_Definicoes_das_variaveis_e_metodo_de_coletas_de_dados.pdf>. Acesso em: 17 de junho. 2021.

BGL. **Porca hidráulica I HMVE (ferramenta)**. Disponível em: <<https://www.bgl.com.br/produtos/porcas-hidraulicas.htm>>. Acesso em: 17 de junho. 2021.

BRASIL. **DECRETO-LEI Nº 5.452, DE 1º DE MAIO DE 1943**. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em: 08 de março. 2020.

BSB. **Mãos e dedos representam 24,9% do total de acidentes**. Disponível em:<<http://www.bsbsafety.com/noticias/maos-e-dedos-representam-249-do-total-de-acidentes/>>. Acesso em: 15 de abril. 2020.

CIMM. **Laminadores**. Disponível em:<https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6476-laminadores#.Wue9in8h3IU>. Acesso em: 12 de abril. 2021.

EBC. **Aumentam acidentes de trabalho com lesões em mãos e punhos**. 2019. Disponível em:<<https://radios.ebc.com.br/tarde-nacional/2019/10/acidentes-de-trabalho-envolvendo-maos-e-punhos-aumentam>>. Acesso em: 08 de março. 2020.

FELÍCIO, E. A. **Estudo da implementação de conceito da produção enxuta para redução de resíduos em uma manufatura do ramo siderúrgico**. 2012. 66f. Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. Editora Atlas. São Paulo: 2002.

GUIA TRABALHISTA. **OIT - Organização Internacional do Trabalho**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/guia/oit.htm>>. Acesso em: 15 de abril. 2021.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Processo siderúrgico.** Disponível em: < <http://www.acobrasil.org.br/site2015/processo.html>>. Acesso em: 30 de março. 2021.

JORNAL MONTES CLAROS. **A cada 1 hora, cinco pessoas ferem as mãos e punhos em acidente de trabalho.** 2019. Disponível em: < <https://jornalmontesclaros.com.br/2019/10/21/a-cada-1-hora-cinco-pessoas-ferem-as-maos-e-punhos-em-acidente-de-trabalho/>>. Acesso em: 18 de abril. 2021.

JUNIOR, A. A. **Projeto e execução de um laminador de bancada para materiais não ferrosos.** 2016. 109f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco: 2016.

JUSTIÇA DO TRABALHO. **Dados dos acidentes de trabalho em 2011.** Disponível em: < <https://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/dados-nacionais/>>. Acesso em: 15 de abril. 2021.

KALIL, A. **Entenda o que é Organização Internacional do Trabalho e como ela influencia a legislação brasileira.** 2020. Disponível em: < <https://www.politize.com.br/organizacao-internacional-do-trabalho/>>. Acesso em: 15 de abril. 2021.

LEI 8.213/1991. **Presidência da República – Casa Civil.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18213cons.htm>. Acesso em: 21 de abril. 2021.

MONTEIRO, G. A. B. **Estratégia de manutenção em uma oficina de cilindros de laminação de aços longos.** 2013. 104f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2013.

MORAES, G. T. B. de; PILLATI, L. A.; KOVALESKI, J. L. Acidentes de trabalho: fatores e influências comportamentais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP XXV, 2005, Porto Alegre. **Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** Porto Alegre, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Editora Feevale. Novo Hamburgo: 2013.

REDE BRASIL ATUAL. **Em cinco décadas, o Brasil perdeu 173 mil pessoas em acidentes do trabalho.** 2020. Disponível em: < <https://www.redebrasilatual.com.br/trabalho/2020/04/mortes-brasil-acidentes-trabalho/>>. Acesso em: 20 de abril. 2021.

ROSTAINING. **A proteção das mãos é de responsabilidade de todos.** Disponível em: < <https://www.rostaining.com.br/prevencao-protecao-dos-acidentes-da-mao/>>. Acesso em: 17 de junho. 2021.

SECRETARIA DA PREVIDÊNCIA. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2017** / Ministério da Fazenda ... [et al.]. – vol. 1 (2009) – . – Brasília : MF, 2017.996 p. Anual. ISSN 1676-9694.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. Ed. Editora UFSC. Florianópolis: 2005. 138p.

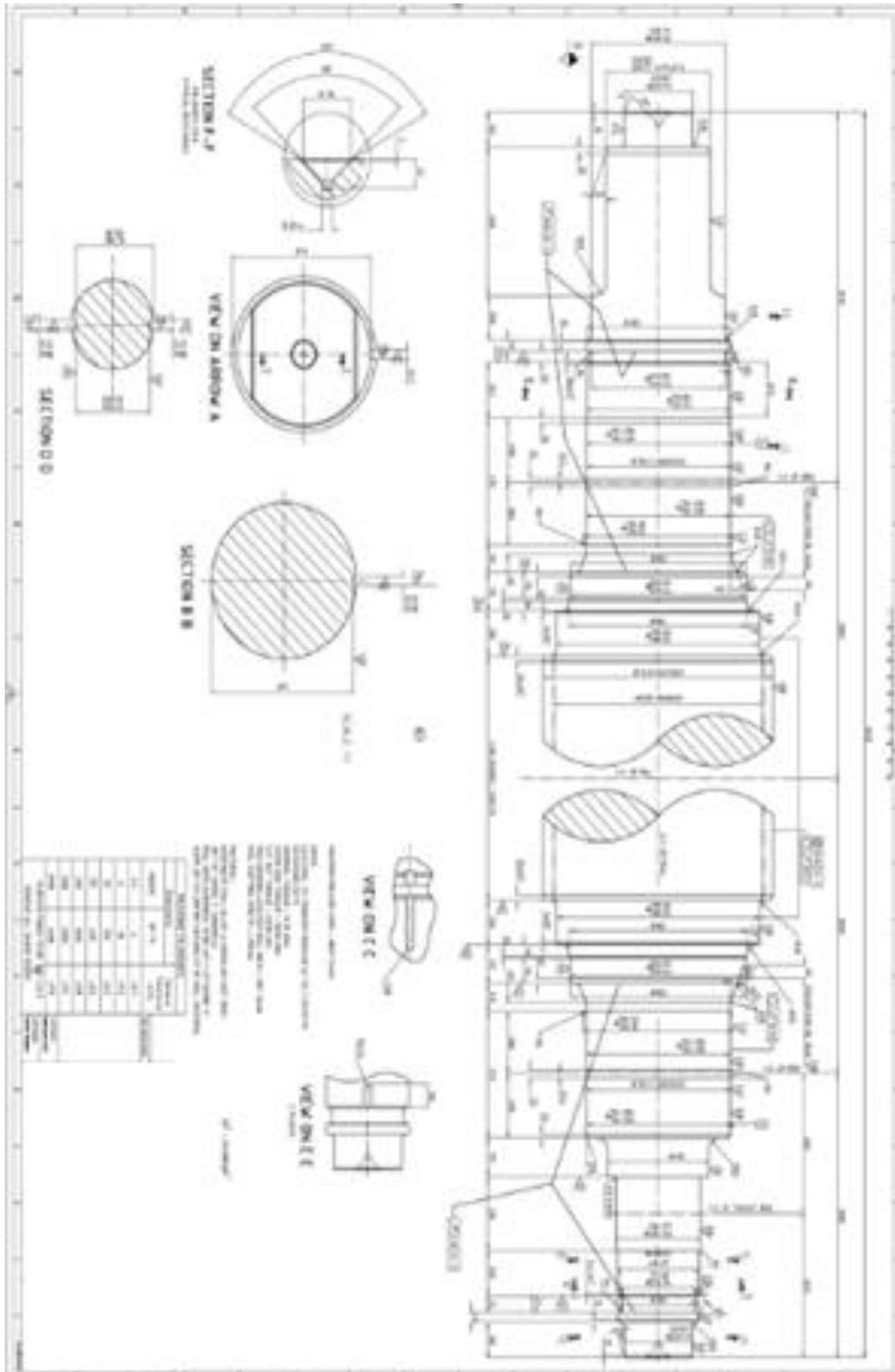
SKF. **Porcas Hidráulicas**. Disponível em: < <https://www.skf.com/br/products/maintenance-products/hydraulic-tools-for-mounting-and-dismounting/hydraulic-nuts/>>. Acesso em: 21 de junho. 2021.

STAATS, M. E. **Estudo para otimização do projeto de navalha para corte a quente de vergalhão de 25 milímetros**. 2010. 54f. Monografia (Engenharia metalúrgica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2010.

TRT RS. **Número de acidentes de trabalho no Brasil e no RS segue alto**. 2020. Disponível em:< <https://www.trt4.jus.br/portais/trt4/modulos/noticias/305976>>. Acesso em: 08 de março. 2020.

ANEXO

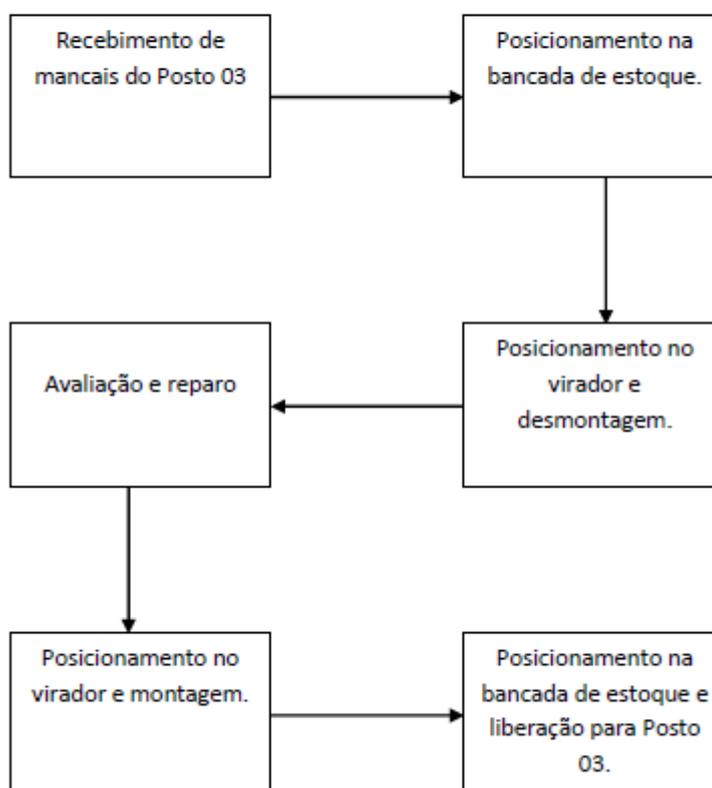
Cilindro de trabalho



Procedimento de montagem de mancais

PR – PROCEDIMENTO DE ROTINA	Código: OB-PR-515-021	Criado em: 05/04/2018	Pág.: 1 / 18
Título: MANUTENÇÃO DE MANCAIS DE TRABALHO DO LTQ/LCG/LA			
Revisão atual	Data da revisão	Resumo das alterações realizadas	
02	30/06/2021	Alteração do Cabeçalho	

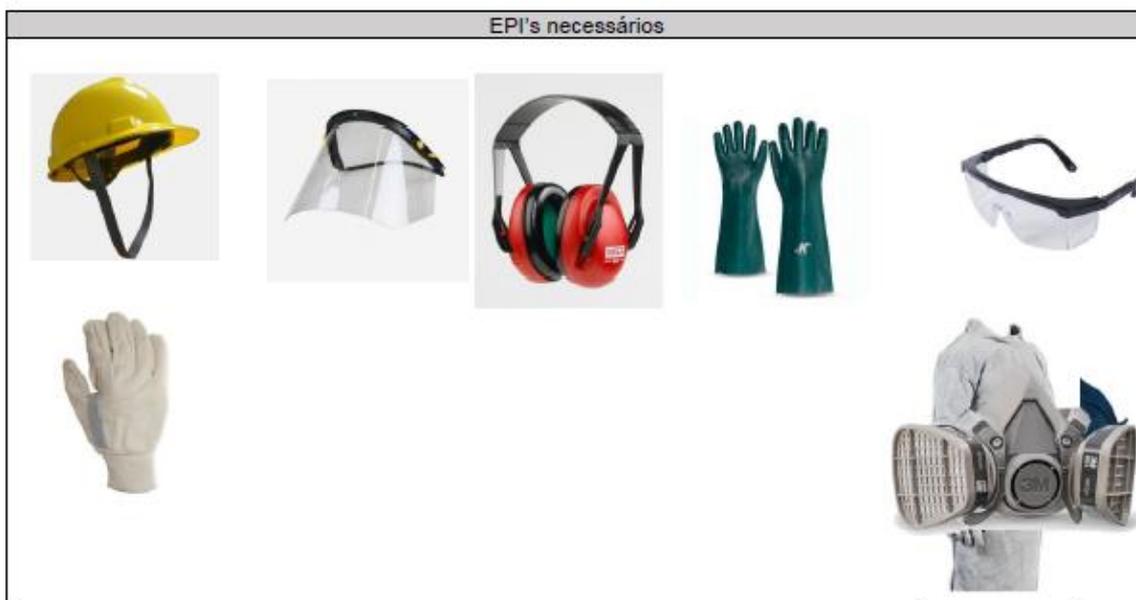
FLUXOGRAMA POSTO 04



PR – PROCEDIMENTO DE ROTINA	Código: OB-PR-515-021	Criado em: 05/04/2018	Pág.: 2 / 18
Título: MANUTENÇÃO DE MANCAIS DE TRABALHO DO LTQ/LCG/LA			
Revisão atual	Data da revisão	Resumo das alterações realizadas	
02	30/06/2021	Alteração do Cabeçalho	

Responsável	Resultados esperados da tarefa	Ações corretivas
-Técnicos e Mecânicos do Posto IV.	Mancais e rolamentos montados.	---
Recursos/Condições Necessárias	Tempo estimado da tarefa	Observações gerais
- Mão de obra - Ponte rolante - Cintas -Ferramental.	- 120 horas.	<p>- Em caso de não conformidades que comprometam a segurança das pessoas/processos fazer a RECUSA A TAREFA DE RISCO;</p> <p>- Informar imediatamente ao facilitador quaisquer ocorrências de acidentes;</p> <p>- Proibido alterar cenário de acidentes;</p> <p>- Manter-se atento à sirene ativa SEMPRE em que a ponte estiver em operação;</p> <p>- Proibido uso de adornos durante as atividades operacionais.</p> <p>Usar os EPI's adequados para a tarefa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Luva 2. Óculos; 3. Botina; 4. Capacete; 5. Abafador/Protetor Auricular; 6. Protetor Facial; 7. Máscara de pó; 8. Máscara c/ Cartucho Químico; 9. Máscara de Solda; 10. EPI's de Solda; 11. Luva de PVC Cano Longo.

	PR – PROCEDIMENTO DE ROTINA	Código: OB-PR-515-021	Criado em: 05/04/2018	Pág.: 3 / 18
Título: MANUTENÇÃO DE MANCAIS DE TRABALHO DO LTQ/LCG/LA				
Revisão atual	Data da revisão	Resumo das alterações realizadas		
02	30/06/2021	Alteração do Cabeçalho		



Descrição			
Atividades	Como fazer (c/ pontos-chaves)	Falhas / Impactos / Riscos	Ações Preventivas / Corretivas
- Realizar o pré- uso da PR, cintas, correntes;	- Através do livro check list de pré- uso. 	- Atentar para todos os pontos do check list.	- Acionar manutenção e emitir RTR sempre que houver indicação de não conformidade na PR; - No caso de uma não conformidade em acessório de içamento, emitir uma RTR e efetuar descarte do mesmo.
- Verificar no sistema OCP a carga de horas trabalhadas do mancal;	- Acessar o sistema OCP através da tela de gerenciamento de cilindros; - Verificar a carga de horas trabalhadas do mancal/rolamento;	- Verificar dados básicos de montagem do mancal e dos rolamentos no sistema.	