

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA JUNIOR
THAIAN SILVA DE CASTRO
WALSY MOTA FILHO
YTALO PEREIRA DO PATROCÍNIO**

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO
CENTRALIZADA**

**VOLTA REDONDA
2018**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO
CENTRALIZADA

Monografia apresentada como exigência para a obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA.

Alunos:

Paulo Roberto de Oliveira Junior

Thaian Silva de Castro

Walsy Mota Filho

Ytalo Pereira do Patrocínio

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe.

VOLTA REDONDA

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Paulo Roberto de Oliveira Junior

Thaian Silva de Castro

Walsy Mota Filho

Ytalo Pereira do Patrocínio

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO CENTRALIZADA

Orientador:

Prof. Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe.

Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira.

Membro

Prof. Antônio de Paula Sobreira Leal

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe.

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, que nos criou e tem nos sustentado até aqui.

Seu fôlego de vida que nos possibilitou questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

A todos que de maneira direta ou indireta nos apoiaram e acreditaram em nossa capacidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos dar saúde e nos permitir alcançar mais esse objetivo em nossas vidas.

Agradecemos também aos nossos familiares, pela compreensão, paciência, apoio e confiança passada nos momentos difíceis.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso reconhecimento e agradecimentos.

RESUMO

O uso de implantação de um sistema de lubrificação centralizada na área de manutenção das indústrias tem sido bastante utilizado. Trata-se de um tipo de manutenção que oferece vantagens, como a maior confiabilidade na lubrificação dos mancais de rolamento, melhor eficácia de lubrificação em cada mancal evitando excesso ou falta do lubrificante e a otimização da mão-de-obra. Assim sendo, é extremamente necessário o uso de uma manutenção centralizada para proteção dos colaboradores e uma maior precisão no sistema de lubrificação, haja vista que se não houver a devida proteção, os colaboradores estarão expostos à incidência de gás, comprometendo assim sua segurança. Como exemplo de proteção, o sistema de lubrificação centralizada, foco do presente estudo. Para tanto, é necessário demonstrar que deve buscar possibilidade de se evitar falhas na lubrificação para reduzir a exposição do colaborador e evitar a perda de produtividade. Assim sendo, torna-se necessário buscar maior confiabilidade na lubrificação dos mancais de rolamentos utilizando de lubrificação centralizada para manter o volume adequado de lubrificantes nos mancais, analisar o tipo de rolamento aplicado, suas características, o tipo de lubrificantes, dentre outras. Será esclarecido a importância de um sistema de lubrificação centralizada, tendo em vista que a adoção deste método é confiável. Para esse estudo, utilizou-se de livros, monografias, artigos, *sites* eletrônicos, dentre outros. Posteriormente foi realizado um estudo de caso em uma empresa do ramo de siderurgia, onde se apresentou uma proposta para se implantar um Sistema de Lubrificação Centralizada na linha de produção de zincagem contínua, analisando o lubrificante e o rolamento utilizado atualmente, uma vez que ao realizar visitas técnicas na referida empresa, observou-se a falta de homogeneidade da lubrificação manual feita por seus colaboradores.

Palavras-chave: Rolamento; Graxa; Lubrificação centralizada.

ABSTRACT

The use of a centralized lubrication system in the maintenance area of the industries has been widely used. It is a type of maintenance that offers advantages such as greater reliability in the bearing lubrication, better lubrication effectiveness in each bearing avoiding excess or lack of lubricant and optimization of the workmanship. Therefore, it is extremely necessary to use a centralized maintenance to protect the employees and a greater precision in the lubrication system, since if there is not adequate protection, the employees will be exposed to the gas incidence, thus compromising their safety. As an example of protection, the centralized lubrication system, focus of the present study. To do this, it is necessary to demonstrate that it should be possible to avoid lubrication failures to reduce employee exposure and avoid loss of productivity. Therefore, it is necessary to seek greater reliability in the lubrication of the bearings of bearings, using centralized lubrication to maintain the adequate volume of lubricants in the bearings, to analyze the type of bearing applied, its characteristics, the type of lubricants, among others. It will be clarified the importance of a centralized lubrication system, considering that the adoption of this method is reliable. For this study, we used books, monographs, articles, electronic websites, among others. Subsequently, a case study was carried out in a steel company, where a proposal was presented to implement a Centralized Lubrication System in the continuous galvanizing production line, analyzing the lubricant and the bearing used today, since when performing technical visits at the mentioned company, it was observed the lack of homogeneity of the manual lubrication done by its collaborators.

Key words: Bearing; Grease; Centralized lubrication.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1. Problema abordado	15
1.2. Justificativa	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Geral	15
1.3.2 Específico	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. História da Laminação	17
2.2. Processo de laminação.....	17
2.3 Cadeira de Laminação.....	19
2.4 Tipos de Cadeira de Laminação	20
2.5 Galvanoplastia	25
2.6 Mancais	28
2.6.1 Os Mancais e sua evolução	29
2.7 Rolamentos.....	35
2.7.1 Constituição dos rolamentos.....	38
2.7.2 Falhas nos rolamentos	41
2.7.3 Lubrificação inadequada nos rolamentos	42
2.7.4 Desalinhamento dos rolamentos	43
2.8 Lubrificação	46
2.8.1 Tipos de Lubrificantes.....	47
2.8.2 Características dos lubrificantes	47
2.8.3 Lubrificantes Sintéticos	48
2.8.4 Formas de lubrificantes.....	48
2.8.5 Sistemas de lubrificantes	50
2.9 Lubrificação Ar-óleo.....	55
2.9.1 Sortimento	56
2.10 Calor	56
3 METODOLOGIA	59
3.1 Fluxograma da memória de cálculo do tempo teórico de relubificação	59
3.2 Fluxograma da memória de cálculo da folga interna do rolamento em função da temperatura	60

4 DESENVOLVIMENTO	61
4.1 Levantamento dos dados.....	61
4.2 Modelamento físico.....	62
4.3 Análise do lubrificante.....	64
4.4 Memória de cálculo para intervalo teórico mínimo de relubrificação.....	67
4.5 Análise do rolamento	70
4.6 Memória de cálculo do rolamento.....	73
4.7 Implantação do Sistema de Lubrificação Centralizada	74
4.7.1 Funcionamento do Sistema	74
4.7.2 Componentes do Sistema	75
4.7.3 Distribuidores.....	75
4.8 Implantação do Sistema de Lubrificação Centralizada	77
4.8.1 Posicionamento do conjunto bombante e sistema de abastecimento de graxa	77
4.8.2 Posicionamento das linhas principais DN 1”	79
4.8.3 Posicionamento dos distribuidores, linhas secundárias e mangueiras.....	80
4.8.4 Posicionamento dos distribuidores, linhas secundárias e Mangueiras	81
4.8.5 Interligação das linhas principais	82
5 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO A – Catálogo da Bomba	87
ANEXO B – Catálogo do Painel de Comando e Monitoramento	89
ANEXO C – Catálogo dos distribuidores	91
ANEXO D – Catálogo do Gabinete de Proteção	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: (a) Laminador Duo b) Laminador Duo reversível c) Laminador Trio d) Laminador Quádruo	18
FIGURA 02: Laminador Sendzimir	19
FIGURA 03 : Laminador universal (1)	19
FIGURA 04 : Laminador universal (2)	19
FIGURA 05 : Laminador universal (3)	19
FIGURA 06: Cilindro de laminação	20
FIGURA 07: Trem contínuo de laminação à quente	21
FIGURA 08: Cadeiras de Laminação	23
FIGURA 09: Laminador de barras e perfis	24
FIGURA 10: Laminação Contínua	24
FIGURA 11: Zincagem a fogo	26
FIGURA 12: Zincagem por aspersão térmica.....	26
FIGURA 13: Galvanização eletrolítica	27
FIGURA 14: Etapas do Processo	28
FIGURA 15: Mancal de Rolamento	30
FIGURA 16: Mancal de Escorregamento	31
FIGURA 17: Mancal de rolamento	31
FIGURA 18: Mancal Hidrodinâmico.	32
FIGURA 19: Mancal Hidrostático	34
FIGURA 20: Mancal Aerostático.	35
FIGURA 21: Projeto do rolamento de Leonardo Da Vinci... ..	36
FIGURA 22: Funcionamento esquemático de um rolamento.. ..	37
FIGURA 23: Nomenclatura de um rolamento de esferas.. ..	38
FIGURA 24: Elementos rolantes de um acoplamento.....	39
FIGURA 25: Rolamento axial e radial	39
FIGURA 26: Tipos de rolamentos de esferas.....	40
FIGURA 27: Tipos de rolamentos de rolos.....	41
FIGURA 28: Erro na Montagem de Rolamento fixado a dois mancais de rolamento.. ..	42
FIGURA 29: Lubrificação adequada em um rolamento.....	43
FIGURA 30: Desalinhamento dos rolamentos (A).....	44
FIGURA 31: Desalinhamento dos rolamentos (B).....	44

FIGURA 32: Contaminação dos rolamentos (A).....	45
FIGURA 33: Contaminação dos rolamentos (B).....	45
FIGURA 34: Almojarifado de rolamentos	45
FIGURA 35: Sistema Circulatório de Lubrificação.....	51
FIGURA 36: Distribuidor linha simples	51
FIGURA 37: Distribuidor linha dupla	52
FIGURA 38: Dosadores	53
FIGURA 39: Lubrificação de rolamentos	53
FIGURA 40: Rolamento de alta pressão	54
FIGURA 41: Lubrificação de rolamentos ar-óleo.....	55
FIGURA 42: Sortimento de rolamentos.....	56
FIGURA 43: Fluxograma da memória de cálculo do tempo teórico de relubrificação	59
FIGURA 44: Fluxograma da memória de cálculo da folga internas do rolamento em função da temperatura	60
FIGURA 45: <i>Layout</i> da planta do forno de recozimento.....	62
FIGURA 46: Forno de recozimento e chapas.....	63
FIGURA 47: Conjunto do acionamento dos rolos do forno de recozimento da linha de zincagem.....	63
FIGURA 48: Desenho do conjunto do acionamento dos rolos do forno de recozimento da linha de zincagem	64
FIGURA 49: Medição de temperatura na pista interna do rolamento.....	65
FIGURA 50: Supervisório da sala de operação.....	66
FIGURA 51: Rolamento.....	67
FIGURA 52: Demonstração de velocidade em linha	68
FIGURA 53: Velocidade periférica	68
FIGURA 54: Fator de velocidade	68
FIGURA 55: Tempo de Lubrificação	70
FIGURA 56: Rolamento auto compensador de rolos NTN 23026	71
FIGURA 57: Esquema de montagem de componentes.....	74
FIGURA 58: Distribuidores Linha dupla	76
FIGURA 59: Vista em corte distribuidor linha dupla	
FIGURA 60: Local da montagem do conjunto bombante, vista frontal.....	78
FIGURA 61: Local da montagem do conjunto bombante, vista lateral	78

FIGURA 62: Local da montagem da tubulação principal inferior vista lateral.....	79
FIGURA 63: Local da montagem da tubulação principal superior vista lateral.....	80
FIGURA 64: Montagem de distribuidores, linhas secundárias, mangueiras parte inferior, vista superior	81
FIGURA 65: Montagem de distribuidores, linhas secundárias, mangueiras parte superior, vista superior	81
FIGURA 66: Interligação das linhas principais	82

TABELA 01: Características do lubrificante.....	65
TABELA 02 : Fator de correção	69
TABELA 03 : Classes de folga interna de rolamento	72
TABELA 04 : Instalação do rolamento alto compensador com furo cônico.....	73

LZC – Linha de Zincagem Continua

CO – Monóxido de Carbono

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

FIFO – “*First-in, Fisrt-out*”

IV – Índice de Viscosidade

1 INTRODUÇÃO

A laminação é um processo de conformação mecânica que modifica as medidas do material. Esse fato se dá devido o material ser introduzido em um equipamento, chamado laminador, que possui dois ou mais cilindros que têm uma distância, entre eles, inferior à espessura inicial do material. Neste processo ocorre uma deformação plástica no material devido sua passagem entre dois cilindros. Um laminador é constituído de cilindros, mancais e um motor para suprir potência aos cilindros e monitorar a velocidade de rotação.

Após a revolução industrial os metais tiveram grande importância na sociedade moderna sendo aperfeiçoados com o avanço tecnológico. As indústrias e o homem são beneficiados com esse desenvolvimento, no entanto, esses metais tendem a se corroer.

Para prevenir a corrosão precoce e estender o tempo de utilização do material, dentre inúmeras vantagens, utiliza-se a galvanoplastia, é possível revestir eletroliticamente um objeto metálico com fina camada de metal a qual tem como meta proteger as peças atingidas pela ação corrosiva.

Para se obter uma superfície galvanizada, utiliza-se dos processos de zincagem ou galvanização por imersão a fogo, zincagem por metalização e zincagem eletrolítica a frio.

A galvanoplastia aumenta as propriedades térmicas e mecânicas como a dureza e a condutividade das superfícies, tornando os produtos com aparência mais agradável. Para se revestir a peça, o material a receber a camada precisa passar por tratamentos químicos para a retirada de óleos e graxas, impurezas, óxidos e até restos de tintas.

Um marco importante para bom rendimento dos equipamentos é a lubrificação dos rolamentos os quais são montados em mancais onde se apoia o eixo. O contato dos elementos rolantes entre a pista interna e externa do rolamento, ocorre atrito que dependendo da solicitação de esforços, pode levar falhas.

Lubrificação é introduzir uma substância adequada entre superfícies sólidas que se encontram em contato entre si e em movimentos relativos, que pode ser um óleo ou uma graxa. Assim, os pontos de atrito sólidos são substituídos pelo atrito fluido, reduzindo consideravelmente o desgaste entre as superfícies.

1.1 Problema abordado

Após realizar visitas técnicas em uma empresa de Siderurgia na região sul fluminense, na área de Linha de zincagem contínua, LZC3, no equipamento forno de recozimento, observou-se que o processo de lubrificação manual não oferece a confiabilidade necessária requerida aos mancais de rolamento, executando a lubrificação ora em excesso, ora em falta, o que leva a ineficiência da lubrificação, reduzindo a vida útil do rolamento, podendo ainda ocasionar paradas não programadas.

Além disso, por se tratar de um forno alimentado pelo gás Monóxido de Carbono, CO, a exposição dos colaboradores a níveis elevados a esse gás, pode causar danos à saúde ou até mesmo a morte.

1.2 Justificativa

O presente estudo se justifica devido a necessidade de evitar a perda de produtividade devido a falha lubrificação e a redução da exposição do colaborador ao CO.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

O objetivo geral é buscar uma maior confiabilidade na lubrificação dos mancais de rolamentos por meio de um processo de lubrificação centralizada, visando maior produtividade do equipamento com menos intervenções.

1.3.2 Específicos

E como objetivo especifica pretende-se aumentar a confiabilidade do equipamento para:

- Manter o volume adequado de lubrificante em cada mancal evitando excesso ou falta;

- Sistematizar o tempo de relubrificação dos mancais em períodos pré definidos sem que haja atrasos ou antecipações precipitadas;
- Analisar o tipo de rolamento aplicado e suas características em função da temperatura de trabalho;
- Verificar o tipo de lubrificante aplicado e suas características em função da temperatura de trabalho;
- Reduzir a exposição de colaboradores na área de incidência de gás monóxido de carbono (CO).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da laminação

A laminação é um processo antigo, haja vista que a imagem de Leonardo da Vinci, de 1486 é considerada a ilustração de um laminado mais antigo, destinado à laminação a frio de barras de ouro ou prata para a cunhagem de moedas. (ARAÚJO, 2007).

Quanto à laminação a quente, a primeira referência na data de 1590, na Inglaterra, era utilizada para dividir barras de ferro. Em 1697, John Hambury em Pontypool Inglaterra usou cilindros de ferro quilhado, em 1728, John Payne conseguiu patente para um laminador com cilindros com canduras, com a finalidade de obter produtos redondos. Em 1746, Ristopher Polhem, em Stiemsundsbruk na Suécia, já reportava a laminação de quadrados, redondos e meia lua. Em 1783, Henry Cort, utilizou para conformação de ferro os cilindros com canais planejados anteriormente por John Purnell.

Em 1817, na Inglaterra surgiram as primeiras cadeiras Trio. Em 1848 na França, Zorés desenvolveu as primeiras vigas. Em 1855, John Fritz, em Johstown, Pensilvânia deu início na utilização do laminador Trio para trilhos e perfis. Em 1883, foi realizada a primeira apresentação dos laminadores em linha (tipo Belga) para produzir vergalhões redondos finos.

Em 1798, foi patenteada por John Haziedne John Haziedne um laminador continuo com cadeiras alternadas horizontais e verticais. Em 1862 George Bedson de Manchester, Inglaterra representou esse laminador utilizando de dobradeiras. Posteriormente, nos Estados Unidos, Charies H. Morgan construiu o seu laminador continuo com cadeiras horizontais e guias de torção entre elas.

Em 1906, houve a aquisição de barras retas para concreto armado no leito de resfriamento, alcançada por Edwards, com o sistema de calhas oscilantes com bordas dentadas (ARAÚJO, 2007).

2.2 Processo de laminação

É o processo de conformação mecânica que modifica as medidas do material. Esse fato se dá devido o material ser inserido em no laminador que possui dois ou

mais cilindros que têm uma distância, entre eles, inferior à espessura inicial do material. Neste processo ocorre uma deformação plástica no material devido sua passagem entre cilindros.

Mourão (2007) define laminação como um processo de conformação que traduz na passagem de um corpo sólido entre dois cilindros que circulam na mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários.

Laminação é o processo de transformação mecânica mais utilizada em metais, visto que possui alta produtividade e um controle dimensional do produto acabado de forma clara. Nesse processo com os esforços envolvidos na laminação o material é submetido a tensões compressivas elevadas, devido à ação de prensagem dos rolos e a tensões cisalhantes superficiais.

Ao laminar materiais mais finos, utiliza-se de cilindros de pequeno diâmetro levando o material a fletir. Os cilindros de trabalho muito finos, podem fletir na direção vertical ou horizontal. O laminador tipo universal, possui dois pares de cilindros de trabalho, com eixos verticais e horizontais (MOURÃO, 2007).

As Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam alguns tipos de laminadores:

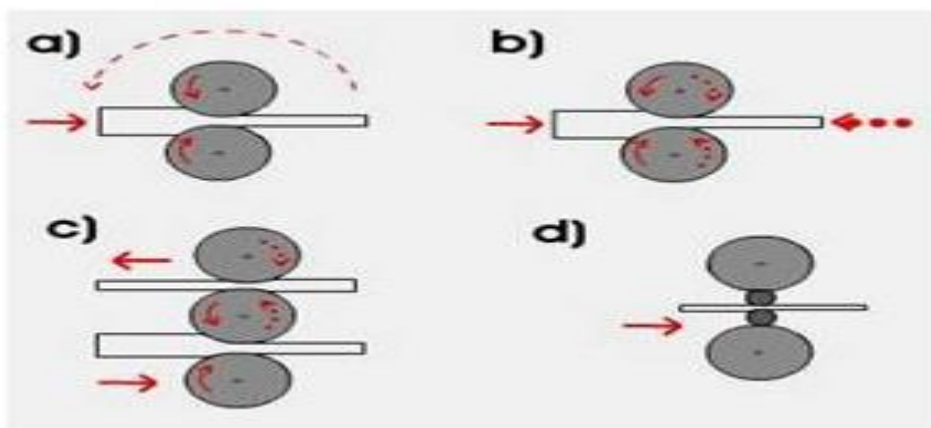


Figura 1: a) Laminador Duo b) Laminador Duo reversível c) Laminador Trio
d) Laminador Quádruplo.

Fonte: Centro de Informação Metal Mecânico.
CIMM

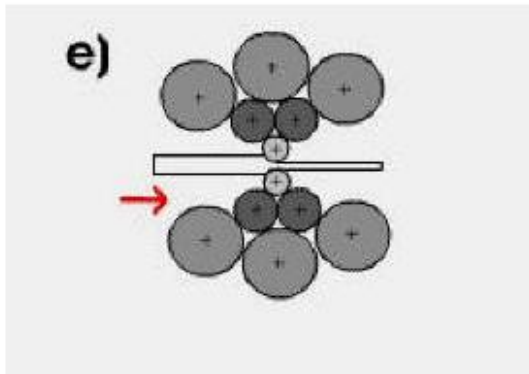


Figura 2: Laminador Sendzimir
Fonte: Centro de Informação Metal Mecânico CIMM .

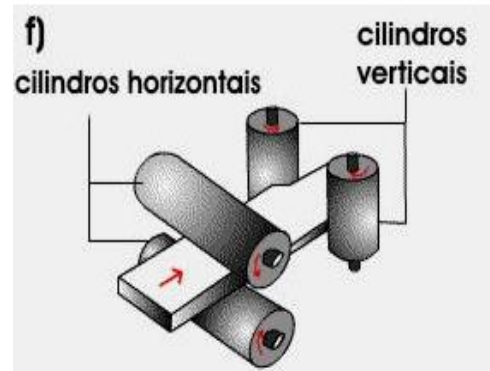


Figura 3: Laminador universal (1)
Fonte: Centro de Informação Metal Mecânico CIMM .

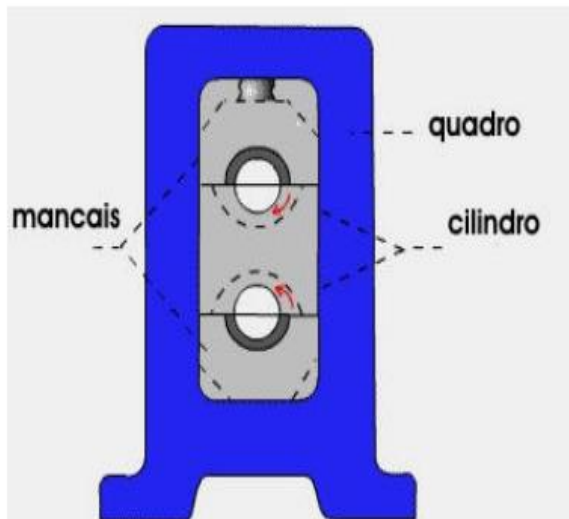


Figura 4: Laminador universal (2)
Fonte: Centro de Informação Metal Mecânico CIMM .

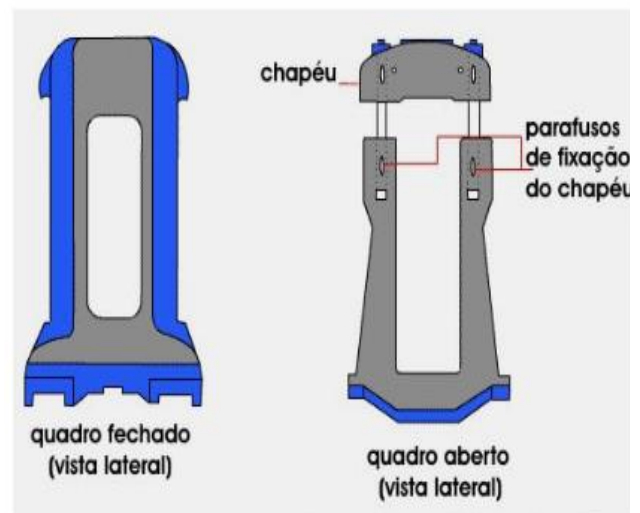


Figura 5: Laminador universal (3)
Fonte: Centro de Informação Metal Mecânico CIMM .

2.3 Cadeiras de Laminação

Quanto às cadeiras de laminação, pode-se afirmar que é o laminador propriamente dito. Machado (2006) afirma que as cadeiras de laminação são constituídas por:

a) Cilindros ou Rolos: são em geral peças inteiriças que podem ser de aço forjado, ferro fundido ou de carbonetos de tungstênio (metal duro), dependendo das condições de trabalho a que eles serão submetidos. Sua

parte central ou face é a que entra em contato com o material no processo de laminação, pode ser lisa ou conter canais. No processo em questão, os cilindros contêm canais. Em suas extremidades se localizam os “pescoços”, que se apoiam nos mancais e o “trevo” que recebe o acoplamento para rotação que estão identificadas na figura 6.

2.4. Tipos de Cadeiras de Laminação

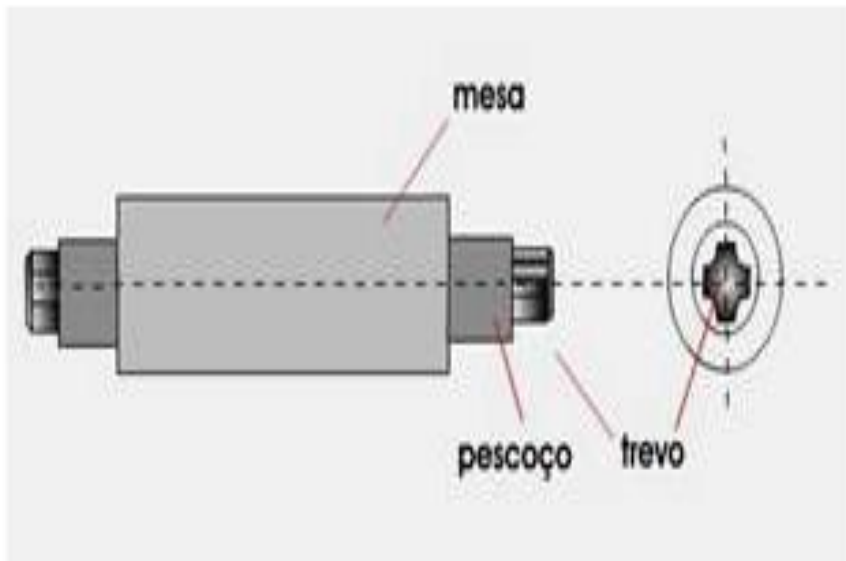


Figura 6: cilindro de laminação

Fonte: Fonte: Moro (2007).

- b) Mancais:** tem a função de girar os cilindros e servem de apoio aos mesmos. Possíveis deformações nestas peças resultariam em variações dimensionais nos produtos;
- c) Gaiola:** estrutura que sustenta os cilindros e sendo utilizada para fixar as partes;
- d) Motor:** fornece potência aos cilindros e controla a velocidade de rotação.

Destaca-se ainda que a laminação pode ser a quente ou a frio.

1) Laminação a quente

É a utilização dos metais em grande escala nos processos de transformação devido às suas características físico-químicas que permitem dar-

lhes formas pretendida, a baixo custo, originando produtos que atendam às necessidades tecnológicas, de qualidade (RIZZO, 2008).

O material é aquecido a uma temperatura elevada, entre 1100 e 1300 °C e termina entre 700 e 900 °C em caso de aço, O processo de laminação passa por várias etapas, cada vez que o material passa entre os cilindros ocorre a redução da espessura, dependendo da dureza da liga que está sendo laminada. O material ao apresentar uma espessura em torno de 6 mm, constitui-se assim a matéria prima, passando a seguir para o processo de laminação a frio.

A figura 7 apresenta um processo contínuo de laminação a quente.

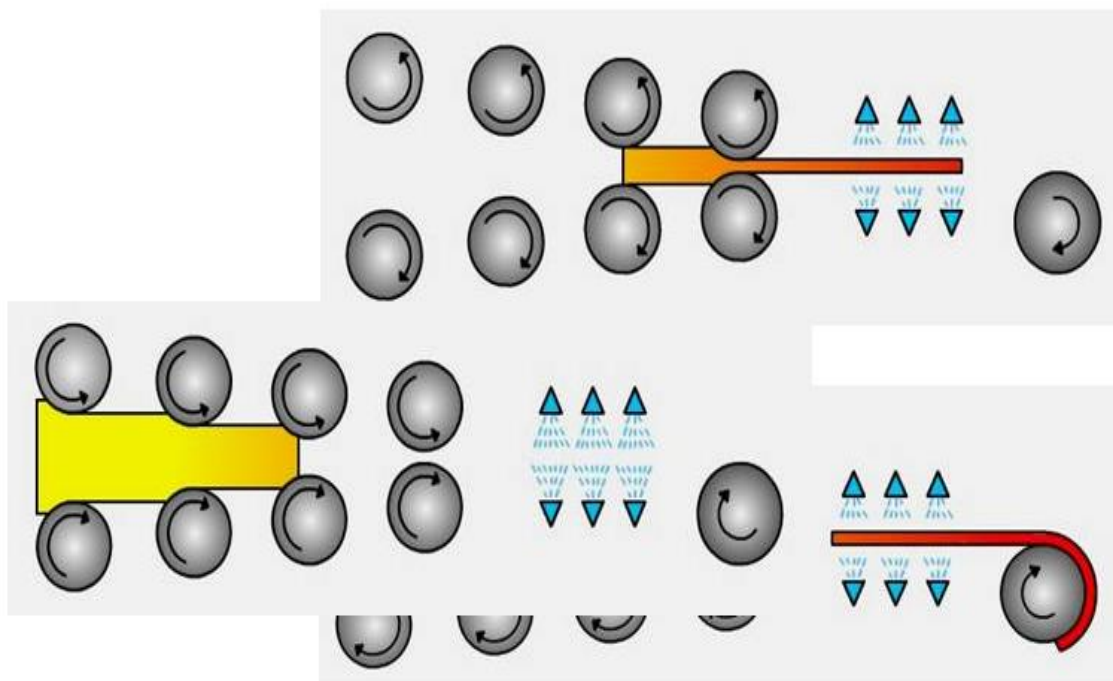


Figura 7: Trem contínuo de laminação a quente

Fonte: MMBORGES - Metal Mecânica Borges.

2) Laminação a frio

Rizzo, (2008) afirma que a laminação a frio exige material com boa plasticidade a frio, precede a laminação a quente, As reduções de espessura são limitadas pelo encruamento, as forças de laminação maiores que as da laminação a

quente, gera acabamento superficial bom, resultando em tolerâncias dimensionais mais estreitas que a laminação a quente.

Nesse processo de laminação, a etapa final visa o acabamento do metal, que veio da laminação a quente, chapa grossa, sua espessura é reduzida para valores bem menores, geralmente à temperatura ambiente.

Emprega-se a laminação a frio para gerar folhas e tiras com acabamento superficial, com tolerâncias dimensionais superiores, ao se comparar as tiras geradas por laminação a quente. Ademais, o encruamento que resulta da redução a frio pode ser empregado para dar mais resistência ao produto final.

As bobinas a quente decapadas são destinadas a produção de tiras de aço laminadas a frio. Os metais não ferrosos destinados a laminação a frio, pode ser realizada partindo das tiras a quente e de determinadas ligas de cobre de peças fundidas.

Geralmente os trens de laminadores quádruplos de velocidade elevada são preparados para terem tração avante e a ré. A laminação contínua tem capacidade elevada de produção resultando em um baixo custo de produção. Na laminação a frio, a redução apresenta uma variação entre 50 a 90%. O grau de redução sendo estabelecido a cada passe pretende-se uma distribuição o máximo possível homogênea em vários passes, sem que haja uma queda intensa em relação à redução máxima em cada passe (LOUREIRO, 2000).

Geralmente, a porcentagem de redução menor é realizada no último passe permitindo controlar melhor o aplainamento, bitola e acabamento superficial.

O limite de escoamento descontínuo nas tiras de aço recozido sendo eliminado é um quesito relevante. Este fenômeno acarreta uma deformação heterogênea em um processamento posterior devido ao alongamento descontínuo do limite de escoamento.

Na prática é comum fazer uma redução sucinta final a frio no aço recozido, denominada passe de encruamento superficial, eliminando o alongamento descontínuo do limite de escoamento. Esse passe de acabamento melhora a qualidade superficial e controle dimensional. Outras metodologias podem ser utilizadas na melhoria do controle dimensional das folhas laminadas, como o aplainamento por rolos e o desempenho por tração Figura 8.

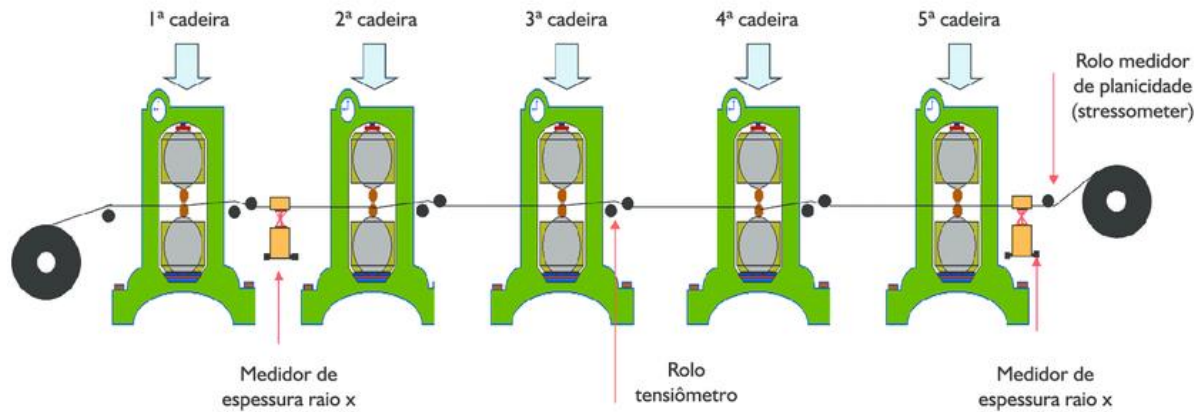


Figura 8: Cadeiras de Laminação

Fonte: CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) – Laminador de tiras a frio

A diferença entre a laminação a quente e a laminação a frio são os resultados relacionados com a espessura dos laminados assim como o endurecimento e amolecimento térmico. Assim, o metal laminado a quente apresentará o coeficiente de atrito externo maior em relação ao que foi laminado a frio (LOUREIRO, 2000).

3) Laminação de barras e perfis

A barra ao passar entre os cilindros sofre altas tensões compressivas, devido a prensagem dos rolos e tensões cisalhantes superficiais, que resultam do atrito gerado entre os rolos e o material. As tensões facilitam o processo ao introduzir o material dentro dos cilindros, gerando uma deformação, onde sua espessura é diminuída, ocorrendo o aumento no comprimento, sendo que a largura também pode aumentar, diminuir ou nem sofrer alteração, conforme o produto.

Tal processo se aplica a diversas ligas metálicas uma vez que o processo de laminação apresenta alta produtividade e demanda um controle muito preciso das dimensões do produto acabado. Tais fatos oferecem oportunidade ao emprego da automação do processo, facilitando o controle e reduzindo a variabilidade do mesmo. Ademais, a automação diminui o risco de exposição dos operadores às atmosferas agressivas e riscos ambientais comuns em siderurgia (RIZZO, 2008).

Helman e Cetlin, (2005) corrobora com a ideia e coloca que quando o laminador contém somente um conjunto de cilindros, se obtém a forma desejada, variando a distância entre os cilindros por meio de laminadores reguláveis ou mantendo a distância fixa, alterando o diâmetro do cilindro.

As barras de seção circular e hexagonal e perfis estruturais, geralmente são produzidos em grande quantidade por meio do da laminação a quente com cilindros ranhurados, Figura 9.



Figura 9: Laminador de barras e perfis
Fonte: SENAC.

4) Laminação contínua

É um processo muito utilizado, os passes são aplicados por meio de um trem contínuo de laminação, recomenda-se para volume alto de produção, figura 10.

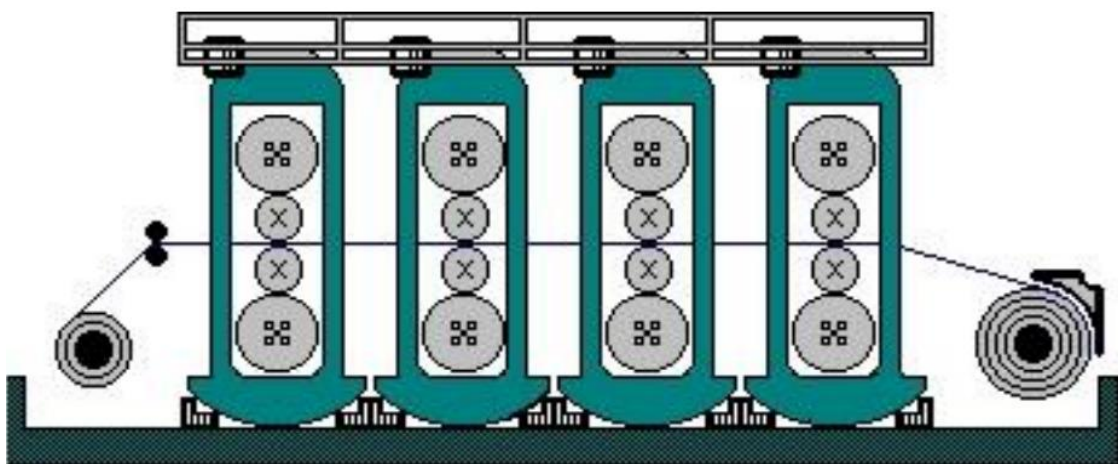


Figura 10: Laminação Contínua

Fonte: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM
file:///C:/Users/Gustavo%20Santanna/Downloads/abm_laminacao_siderurgia_set2011.pdf.

O processo de laminação é aplicado em produtos tais como: chapas planas, folhas e discos, os quais se aplicam em diversos campos tais como:

- Transporte: rodas, carrocerias, equipamentos rodoviários, dentre outros;
- Construção civil: telhas, fachadas, calhas, rufos, dentre outros;
- Embalagens: latas, descartáveis e flexíveis;
- Bens de consumo: panelas, utensílios domésticos, dentre outros.

2.5 Galvanoplastia

Com o tempo, os metais tendem a se corroer, assim sendo, é necessário melhorar os meios de prevenção à corrosão os quais consistem basicamente de mecanismos que fazem o depósito de metais. Para prevenir a corrosão precoce e estender o tempo de utilização do material, utiliza-se a Galvanoplastia que é revestir eletroliticamente um objeto metálico com fina camada de metal a qual tem como meta proteger as peças atingidas pela ação corrosiva.

É um processo que aumenta as propriedades térmicas e mecânicas tais como: a dureza e a condutividade das superfícies, tornando os produtos com aparência mais agradável. Para se revestir a peça o material a receber a camada precisa passar por tratamentos químicos para a retirada de óleos e graxas, impurezas, óxidos e até restos de tintas.

A galvanoplastia consiste na imersão do produto em vários tanques que vão reagir química e fisicamente na superfície da peça, envolvendo três etapas básicas: pré-tratamento, revestimento e a passivação, trata-se de um processo de limpeza e revestimento das peças feitas em tanques.

Esse processo requer uma sequência de banhos incluindo etapas de pré-tratamento, revestimento e conversão de superfícies. Aplica-se a galvanoplastia em diversos ramos da atividade econômica tais como: indústria automobilística, construção civil, utensílios domésticos, informática, dentre outros. Para tanto as peças para receber uma camada metálica de forma externa, são submetidas a tratamentos químicos (CASAGRANDE, 2010).

Para se obter uma superfície galvanizada, utiliza-se dos processos de zincagem ou galvanização por imersão a fogo, zincagem por metalização e zincagem eletrolítica a frio (SCHELLE, 1998).

- a) **Galvanização por imersão a quente:** Submete-se o metal a um banho, onde o zinco está a uma temperatura entre 450° e 480°C e funde-se ao metal de base como aço ou ferro fundido. As propriedades mecânicas são alteradas e gera camadas de zinco até a superfície, sendo esta uma camada de zinco pura, Figura 11.



Figura 11: Zincagem a fogo
Fonte – sciELO.br (2018).

- b) **Zincagem por metalização:** conhecida como aspersão, esse processo borriфа sobre a superfície do metal partículas de zinco que podem estar em pó ou metal fundido ocorrendo a aspersão do revestimento sobre a peça metálica, Figura 12.



Figura 12: Zincagem por aspersão térmica
Fonte – sciELO.br (2018).

c) **Zincagem ou galvanização eletrolítica:** nesse processo o zinco se adere ao metal formando uma camada fina e uniforme que não altera as características mecânicas do metal utilizando-se de material contendo sais de zinco necessários para o processo Figura 13.



Figura 13: Galvanização eletrolítica
Fonte – sciELO.br (2018).

O processo passa por diversas etapas, haja vista que as indústrias que trabalham com galvanoplastia utilizam de banhos livres de cianeto. Vale destacar que o tratamento dos resíduos industriais é de baixo custo e agride menos o meio ambiente ao ser descartado. Os processos acontecem em uma sequência de banhos os quais consistem de etapas de pré tratamento, de revestimento e de conversão de superfície, demonstrado na figura 14 (ZEMPULSKI, 2007).

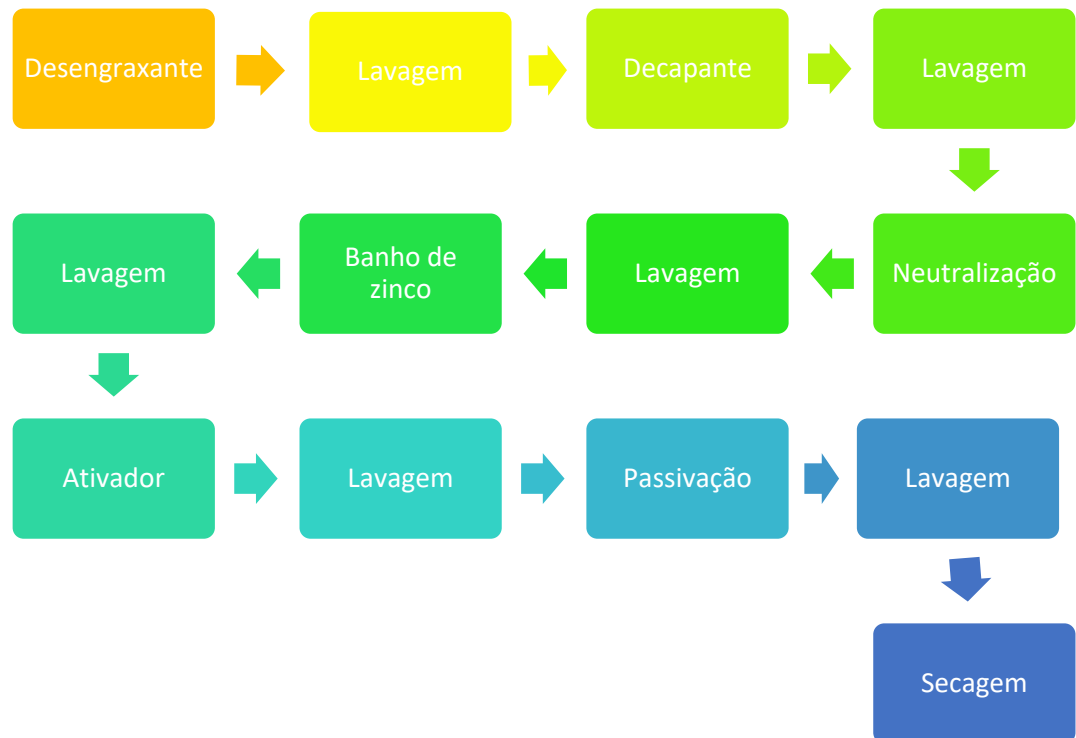


Figura 14: Etapas do Processo
Fonte – scielo.br (2018).

2.6 Mancais

Acredita-se que o primeiro mancal desenvolvido tenha sido em um artefato penta milenar “a roda”, historiadores afirmam que essa referência pode ser mais antiga. As rodas primitivas eram inteiriças e feitas de madeira, possuía um eixo, como ponto de apoio da massa fixa sobre a giratória (BUDYNAS, NISBETT, 2011).

Assim foi desenvolvido o primeiro mancal o qual não era preciso, tinha pouca velocidade, pouca durabilidade, alto aquecimento e representava atrito, porém atendias às necessidades da época.

Tais características contribuía para grandes perdas de energia, e ocorria o aquecimento das superfícies de contato. As folgas mecânicas desses mancais levavam a baixo desempenho, tendo em vista que a trepidação roubava energia do movimento, apagando o embalo (BUDYNAS, NISBETT, 2011).

Nos dias de hoje, os mancais são de dois tipos: deslizamentos ou de rolamento, cada um tem suas peculiaridades individuais, contudo, não atendem a todas as exigências necessárias. Apesar disso eles apresentam vantagens e desvantagens.

- Tem-se como vantagens:
Amortece as vibrações, choques e ruídos;
Sua construção é simples;
Custos baixos;
Suportam altas pressões.
- Desvantagens:
Devido ao atrito, ocorre perda de rendimento;
Estando em serviço, geram altas temperaturas;
O consumo de lubrificante é alto;
O circuito do lubrificante e manutenção exige maiores cuidados;
Seu uso é recomendado onde não seja necessário muito rigor, porém baixa rotação.

2.6.1 Os Mancais e sua evolução

Não é possível determinar de forma precisa à época em que os mancais foram aperfeiçoados, acredita-se que tenha surgido há 4.000 anos. A utilização de mancais nas rodas vazadas mais leves foi um dos avanços. Vale destacar que é fundamental que os mancais sejam geometricamente precisos e isentos de folgas proibitivas, para que ocorra um desempenho em velocidade (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Na época, a lubrificação de mancais era precária, haja vista que os lubrificantes eram de origem biológica. Um dos requisitos para sua durabilidade dos mancais é a lubrificação, porém naquela época lubrificantes formulados cientificamente ainda não existia.

Os mancais modernos são compostos com bronzinas e são aplicados como virabrequins, são capazes de sustentar por muitos anos e centenas de ciclos, são compostos com bronzinas e são aplicados como virabrequins. São utilizados em

câmbios automotivos, de fora-de-estrada e náuticos. Esta solução é realizada milhares de vezes nas indústrias automotivas.

As máquinas geralmente necessitam de reparação, o que implica em custos diferentes de acordo com o problema. Um rotor por exemplo, por se tratar de um item complexo, seu conserto ou substituição é de alto custo, um mancal por ser mais simples, sua reposição apresenta um custo menor. Assim, ao realizar a reposição de um mancal preserva-se os eixos substituindo apenas os mancais (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Empregam-se de forma ampla os mancais em máquinas estacionárias, geralmente em geradores e motores ou em forma de conjuntos de diversos mancais que sustentam eixos em processos de alto desempenho. Portanto, independente do porte ou tipo de um mancal, tudo que circula necessita de seu apoio Figura 15.



Figura 15: Mancal de Rolamento

Fonte: scielo.br (2018).

Os tipos de mancais são: escorregamento, deslizamento ou bucha; rolamento; hidrodinâmicos; hidrostáticos e aerostáticos.

1) Mancais de Escorregamento, Deslizamento ou Bucha.

Compostos por uma bucha presa em um suporte, as máquinas pesadas e equipamentos de baixa rotação, geralmente usam esse tipo de mancal. Em relação a outros tipos, esses mancais dispõem de atrito elevado. Para montar e desmontar não é complexo, além de sua durabilidade ser prolongada, devido aos ciclos de lubrificação, Figura 16.

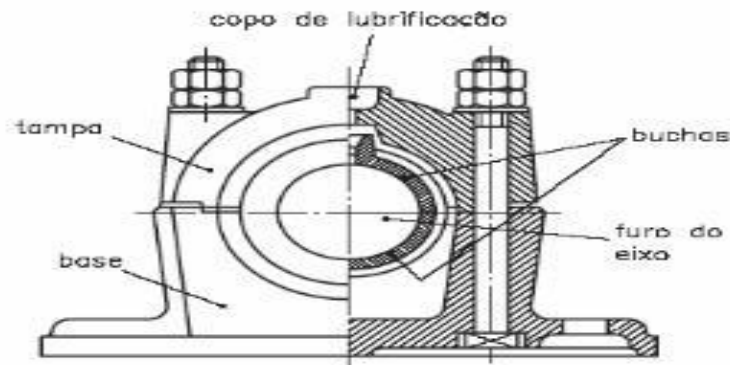


Figura 16: Mancal de Escorregamento

Fonte: scielo.br (2018).

- Vantagens dos mancais de escorregamento, deslizamento ou bucha:
 - Montagem e desmontagem são simples;
 - Fácil adaptação às circunstâncias;
 - Possuem formatos diversificados de construção.
- Desvantagens dos mancais de escorregamento, deslizamento ou bucha:
 - Estando em serviço, apresenta temperaturas altas;
 - Causam desgastes em buchas e eixos, devido ao atrito ocorre a falta de eficiência na lubrificação e perda de rendimento;
 - Não permitem desalinhamentos;
 - Exigem constantes lubrificações.

2) Mancais de Rolamento

São constituídos por dois anéis concêntricos, entre um anel e outro contém elementos rolantes, como esferas, agulhas ou roletes. Os projetos que pleiteiam velocidade maior e menor atrito indicam-se esse tipo de mancal Figura 17.



Figura 17: Mancal de rolamento

Fonte: scielo.br (2018).

- Vantagens dos mancais de rolamento:

Utilizado quando necessita maior velocidade e menor atrito;

O eixo ao girar dentro do furo, produz-se o atrito, “escorregamento”, reduz-se esse atrito por meio do rolamento;

O comportamento pode ser verificado por meio do tato e da audição;

Coeficiente de atrito de partida não superior ao de operação;

Pouca variação do coeficiente de atrito com carga e velocidade e baixa exigência de lubrificação, dentre outras.

- Desvantagens dos mancais de rolamento:

Maior sensibilidade aos choques;

Os custos de fabricação são maiores;

Baixa tolerância para carcaça e alojamento do eixo;

Não aguenta cargas muito elevadas como os mancais de deslizamento;

Abrange maior espaço radial.

3) Mancais Hidrodinâmicos

São conjuntos mecânicos compostos por um eixo e uma bucha. O diâmetro do eixo é próximo do diâmetro interno da bucha, ao ser montado, a folga entre esses dois elementos favorece a acomodação de um filme de óleo, o que impede o contato entre as duas partes quando está em operação, atingindo o regime de lubrificação hidrodinâmica. Esse tipo de mancal admite altas cargas de velocidade, portanto, são empregados em turbo máquinas, Figura 18.



Figura 18: Mancal Hidrodinâmico

Fonte: scielo.br (2018).

- Vantagens dos mancais hidrodinâmicos:

Suporta cargas altas, tendo em vista a de pressão no rolamento e na área de ação da pressão do fluido;

A carga não depende da espessura do filme ou da viscosidade do lubrificante;

Não apresenta desgaste nas superfícies, sua vida útil é longa;

Rigidez e coeficientes de amortecimento de magnitude é bem grande, excelente para posicionamento e controle exatos.

- Desvantagens dos mancais hidrodinâmicos:

É necessário auxílio de equipamentos auxiliares, o custo de instalação e manutenção é alto.

Necessita de equipamento de filtração de fluidos, devido à contaminação de fluídos, ocorre perda de desempenho;

Tendo em vista as perdas de bombeamento ocorre alto consumo de energia, dentre outras.

4) Mancais Hidrostáticos

Apresentam alta precisão, é praticamente isento de desgaste, funcionam por meio de um sistema de alimentação de lubrificante com pressão externa, o lubrificante líquido é pressionado de forma contínua por meio de canais de entrada para câmaras entre as superfícies dos mancais (BUDYNAS, NISBETT, 2011).

As superfícies desse tipo de mancal são afastadas por um filme de lubrificação fino, não gerando atrito nenhum, possibilitando uma regulagem de posição de alta precisão, na faixa de sub-micrometros.

Quanto à resistência de deslize, não ocorre resistência no início, o equipamento tem poucas paradas, porém, geram desgastes, Figura 19.



Figura 19: Mancal Hidrostático
Fonte: scielo.br (2018).

- Vantagens dos mancais hidrostáticos:

Atrito bastante baixo devido a uma película completa de óleo entre os componentes do rolamento;

Vida útil mais longa, menor desgaste;

Deve funcionar mais frio, ocorre perda de viscosidade no óleo.

- Desvantagens dos mancais hidrostáticos:

Requerem lubrificação forçada para manter o filme completo;

Necessita de viscosidade correta do óleo para evitar o contato entre as peças de metal;

Custo mais alto em relação aos rolamentos padrões.

5) Mancais Aerostáticos

São lubrificados a filme de ar, sua camada tem espessura entre 5 e 30 micrômetros, com superfícies intercaladas de camadas de ar comprimido, provido por um ou mais bocais no mancal para separar as superfícies.

Suportam bem temperaturas altas, geram pouco calor, livres de vibrações, evidencia pequeno erro médio de giro do mancal, baixo ruído de operação.

O ar pode sair para o ambiente, pois não contamina, não sendo necessário equipamento auxiliar para reciclagem Figura 20.



Figura 20: Mancal Aerostático
Fonte: scielo.br (2018).

Vantagens dos mancais aerostáticos:

- Fricção mínima e exatidão elevada a altas e baixas velocidades;
- Não é necessário lubrificação;
- Não desgasta;
- Altas temperaturas são suportáveis;
- Geração de calor desprezível;

Desvantagens dos mancais aerostáticos:

- Comportamento moderadamente fraco na presença de forças com componentes dinâmicos, tendo em vista o amortecimento inerente ao filme de ar;
- A fabricação e a manutenção têm custo elevado.

2.7 Rolamentos

A existência de rolamentos, de acordo com o estudo realizado, iniciou por volta do ano 3.500 a 4.000 A.C. na época eram usados para deslizar trenós e em cubos de rodas madeira em que o eixo também era de madeira. Seu uso facilitou a construção de diversas obras egípcias, pois para transportar pedra utilizavam rolos de madeiras.

Elementos rolantes foram aplicados ainda na Grécia e Roma, haja vista que muitos escritos gregos se referem à utilização de “rolimãs” ou “esferas”, onde se demonstra as vantagens em utilizar objetos esféricos, assim como sua aplicação na engenharia.

Com o passar do tempo houve a transição do uso metal, que ante era na madeira passando a ser usado para metais em rolamentos, representando uma das formas mais antigas de “rolamentos”.

Leonardo da Vinci, em torno do ano 1.500, por meio de desenhos técnicos concretizou o sonho da humanidade em possuir um veículo que pudesse se locomover independente de força muscular, ou seja, por força própria.

Para tanto, atribui-se diversos componentes fundamentais de um automóvel, a Leonardo. Foi ele quem idealizou e desenhou um sistema de transmissão para um veículo com caixa de redução e volante de direção e um projeto de veículos com previsão de rodas dirigíveis.

Observa-se, portanto, que Leonardo estudou de forma intensa o princípio do fenômeno do atrito. Dedicou atenção especial a questão de redução da resistência de atrito, Figura 21.

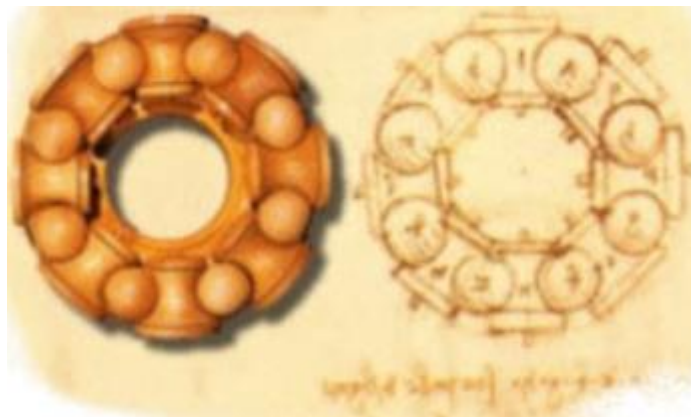


Figura 21: Projeto do rolamento de Leonardo da Vinci.
Fonte: scielo.br (2018).

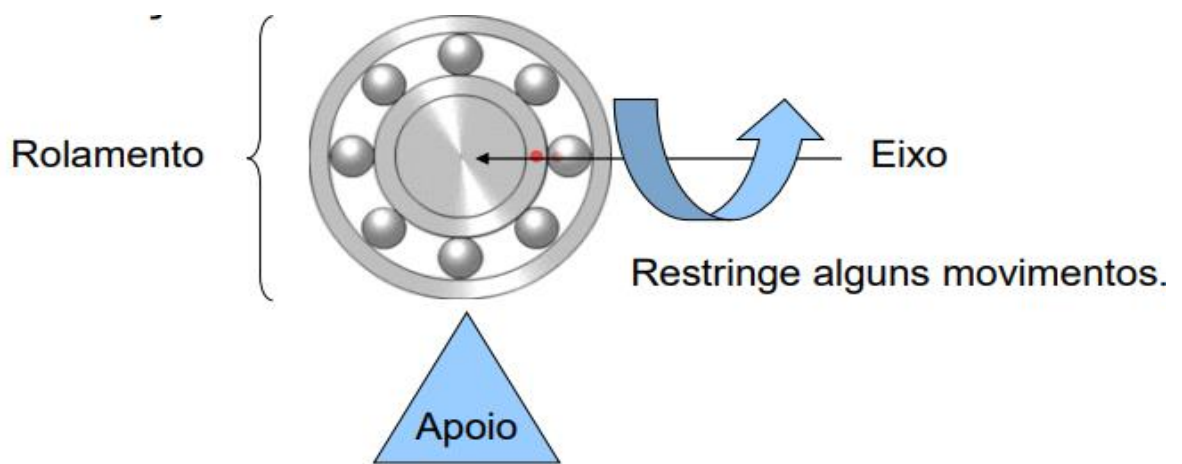
Nesse entendimento, em torno do ano de 1500 já se tinha ideias de veículo autopropulsionado e as elaborações de mancais com índice de atrito baixo. Com o surgimento da máquina a vapor no século XVIII, James Watt em 1.759 construiu um modelo de um veículo autopropulsionado. O motor à combustão ao ser descoberto, este foi uma base para o surgimento do automóvel. Sendo assim, os

desenvolvimentos dos primeiros rolamentos são semelhantes ao desenvolvimento do automóvel (SHIGLEY, 1984).

Até os dias de hoje utiliza-se o rolamento para reduzir atrito e economizar energia. No século XIX com o surgimento das bicicletas foi concretizada essa técnica, para tanto, os primeiros rolamentos de esferas foram lançados com a criação desse meio de transporte.

Posteriormente foi desenvolvido o rolamento tipo cone que veio a substituir o mancal deslizante que é utilizado nas rodas dos veículos. Os rolamentos contribuem para que o índice de atrito seja baixo. Nos tempos modernos os rolamentos continuam em desenvolvimento, tendo em vista o surgimento de novos produtos que devem ser adequados aos clientes (SHIGLEY, 1984).

Os Rolamentos possuem uma forma cilíndrica, são vazados em na parte central a qual é destinada para se acoplar em um eixo, são de vários tamanhos podendo ser aplicado em áreas industriais Figura 22. Tem a função de apoiar um sistema de transmissão de torque podendo suportar esforços simples ou combinados.



Funcionamento esquemático de um rolamento



Figura 22: Funcionamento esquemático de um rolamento

Fonte: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula02.pdf>

2.7.1 Constituição dos rolamentos

Os rolamentos ou mancais de rolamento, Figura 23, são, constituídos por diversos sub elementos, tais como:

- Anéis, Interno e Externo;
- Corpos rolantes;
- Gaiola ou separador.

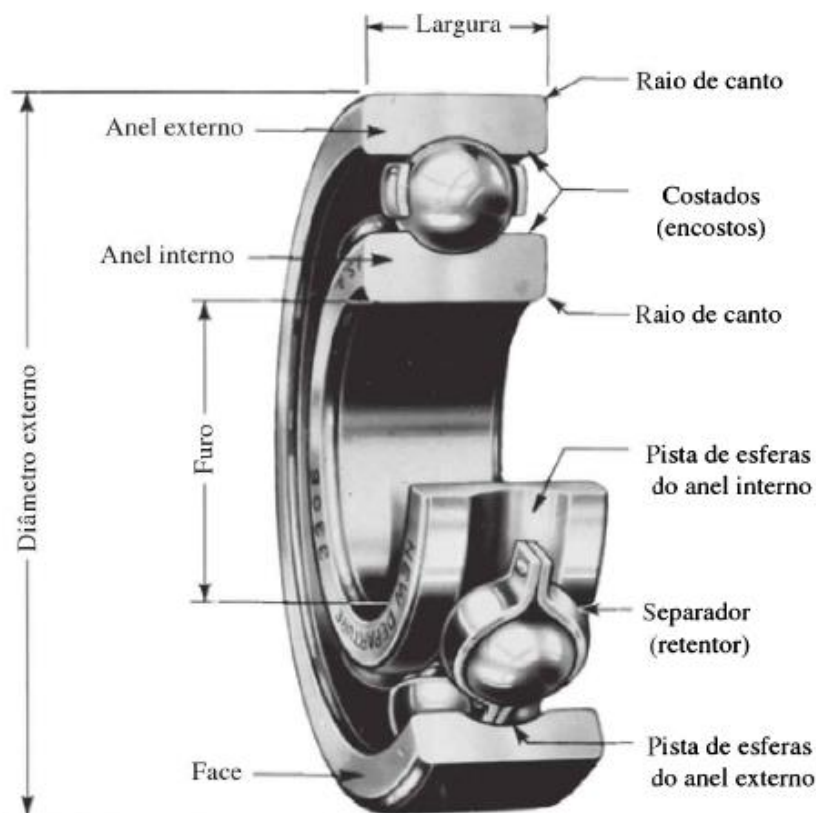


Figura 23: Nomenclatura de um rolamento de esferas

Fonte: SHIGLEY 2011, p. 577.

Classificam-se os rolamentos em função dos elementos rolantes e da direção da carga adequada.

Quanto aos elementos rolantes, Figura 24, são os rolamentos de esferas, de rolos e de agulhas, já os rolamentos de agulhas, os elementos rolantes são rolos cilíndricos, têm uma alta relação em comprimento/diâmetro, assim, são semelhantes ao de uma agulha.

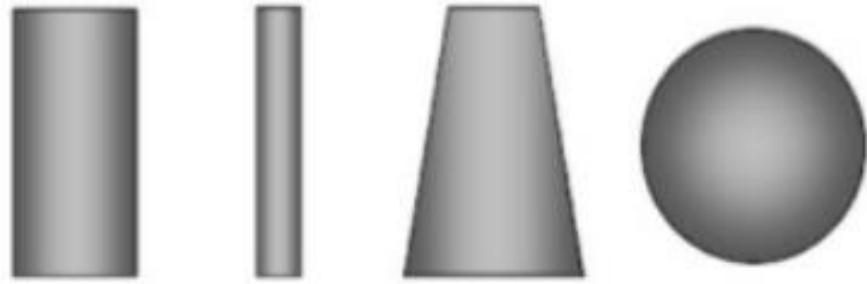


Figura 24: Elementos rolantes de um acoplamento

Fonte: SHIGLEY 2011, p. 577.

Quanto à direção da carga, os rolamentos se classificam em:

- Radiais: Carga que atua na direção dos raios do rolamento (F_r);
- Axiais: Carga que atua na direção do eixo longitudinal do rolamento (F_a);
- Mistos ou Combinados: As cargas radial e axial, Figura 25, atuam concomitantemente no rolamento, originando uma suposta carga resultante, denominada equivalente.

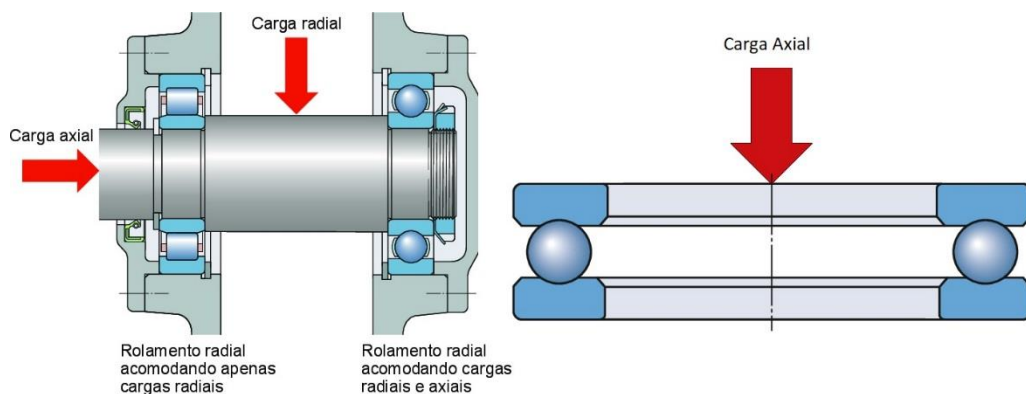


Figura 25: Rolamento axial e radial

Fonte: SKF <http://www.skf.com/br/products/bearings-units-housings/principles/general-bearing-knowledge/bearing-basics/index.htm>

A figura 26 demonstra alguns tipos de rolamentos de esferas e sua classificação:

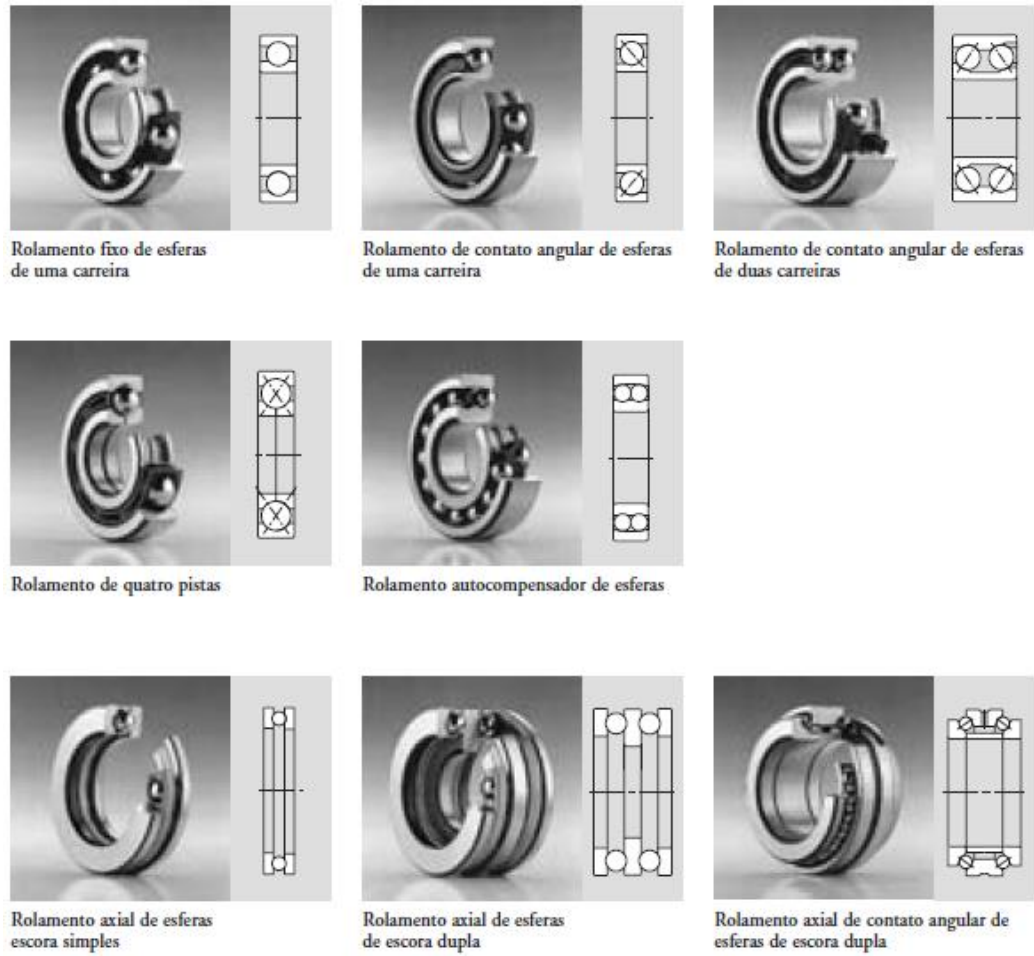


Figura 26: Tipos de rolamentos de esferas.

Fonte: Catálogo FAG, p. 12

A figura 27 demonstra alguns tipos de rolamentos de rolos e sua classificação:

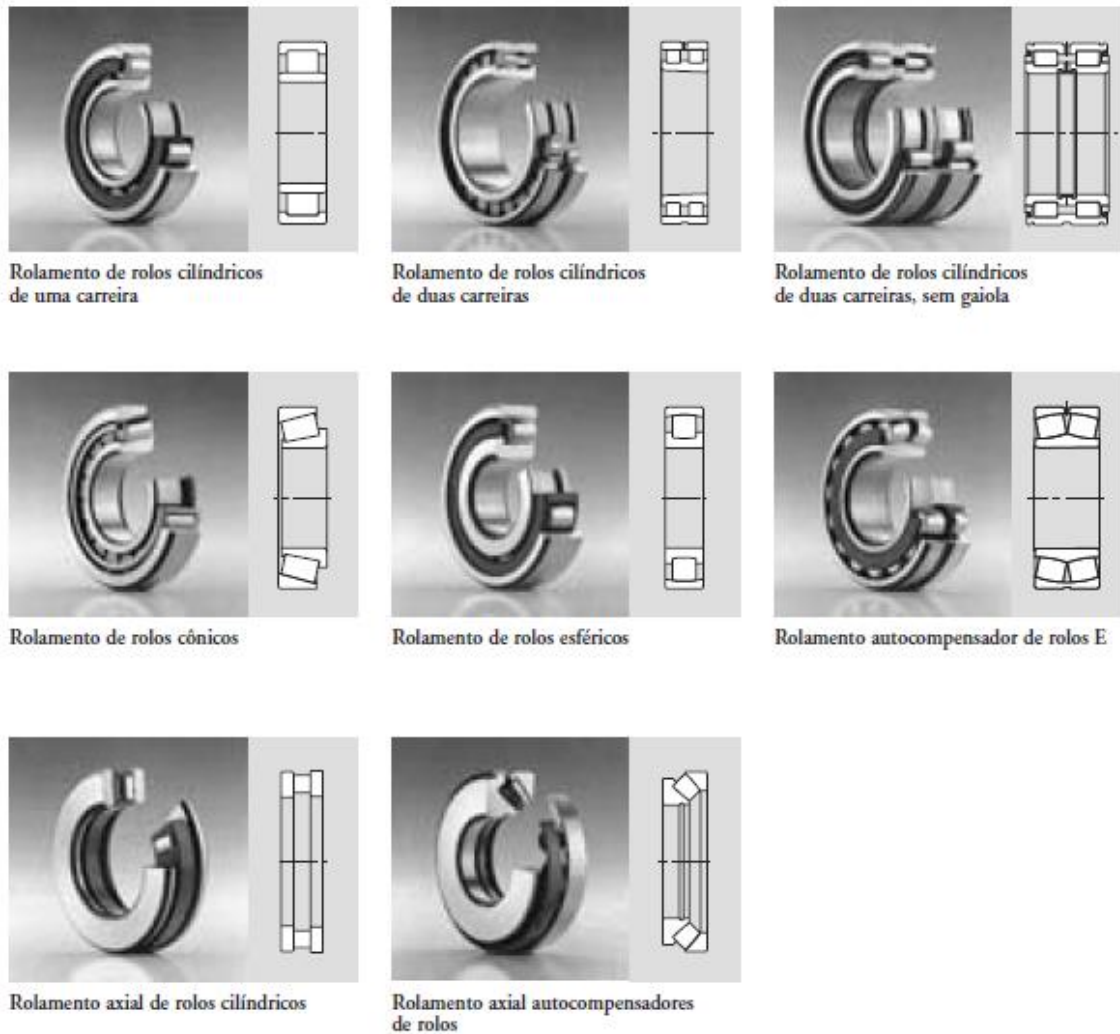


Figura 27: Tipos de rolamentos de rolos.
Fonte: Catálogo FAG, p. 12

2.7.2 Falhas nos rolamentos

Nos maquinários das indústrias, os rolamentos são peças fundamentais para um bom funcionamento das máquinas, para que desenvolva suas funções de forma adequada e a produção não seja afetada. Assim, são necessários determinados cuidados como a realização de manutenção frequente, para que a vida útil do rolamento seja prolongada.

A manutenção deve ser realizada em um período de 6 em 6 meses, o que possibilita identificar possíveis falhas ou dano, antes que afete a produtividade da máquina. Mesmo fazendo a manutenção, ainda pode apresentar falhas. Os baixos índices de produtividade estão relacionados principalmente a falhas em rolamentos.

Vale destacar que cerca de 99% dos processos produtivos os rolamentos mecânicos estão presentes nas operações das indústrias. Os rolamentos são confiáveis quando são colocados em funcionamento, porém, deve ser bem armazenado, manuseado, instalado e lubrificado.

Os rolamentos ao serem montados requer cuidados especiais, uma vez que qualquer erro pode afetar no trabalho das peças, principalmente nos rolamentos industriais. Destaca-se ainda que em torno de 18% dos defeitos em rolamentos são referentes a erros na montagem.

Assim sendo, a atenção deve ser redobrada ao instalar um rolamento, ajustando-o com a folga de acordo com a tabela e com apropriadas, Figura 28.

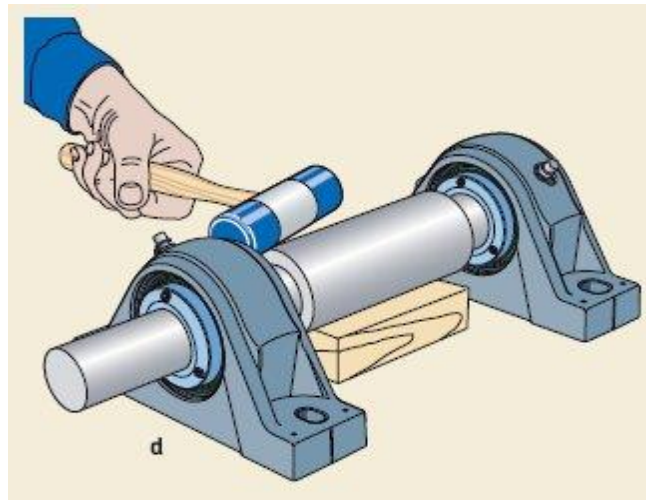


Figura 28: Erro na Montagem de Rolamento fixado a dois mancais de rolamento

Fonte: <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos>.

2.7.3 Lubrificação inadequada nos rolamentos

A causa principal da ocorrência de falhas dos rolamentos é a lubrificação mal feita. Uma lubrificação para ser realizada corretamente é necessário um lubrificante apropriado, a quantidade correta e garantir a frequência certa da lubrificação. As ausências de um desses itens contribuem para apresentar falhas causando danos à empresa Figura 29.



Figura 29: Lubrificação inadequada em um rolamento

Fonte: <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos>.

Para tanto, deve-se utilizar lubrificantes conforme a velocidade em que trabalha os rolamentos, considerando ainda a temperatura que serão expostos. A ausência de lubrificação pode levar a danos irreparáveis. Logo a lubrificação dos rolamentos deve ser realizada com lubrificante correto, em conformidade com as condições de operação como Velocidade de Trabalho, Temperatura de Operação e Carga de Trabalho. Vale ressaltar que 34% das falhas em rolamento estão diretamente ligadas a deficiências de lubrificação.

A quantidade de lubrificantes no caso de uso de graxa, ao relubrificar os rolamento deve-se fazer um cálculo utilizando a seguinte fórmula:

$$G = 0,005 \times D \times B.$$

Onde:

G = Gramas;

D = Diâmetro Externo do Rolamento (em milímetros);

B = Altura do Rolamento (em milímetros).

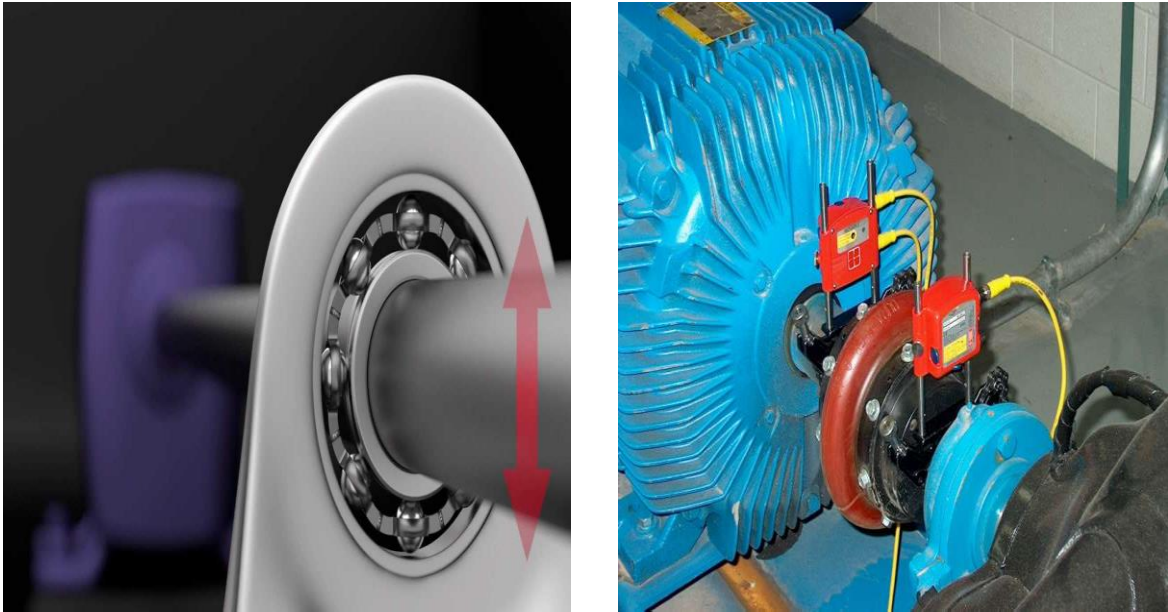
Quanto ao intervalo de relubrificação, deve-se basear na velocidade de trabalho, temperatura, carga de trabalho, condições ambientais, condições operacionais dentre outras.

2.7.4 Desalinhamento dos rolamentos

É necessário que os rolamentos estejam sempre alinhados e balanceados para funcionarem de forma adequada. Caso contrário, aparecerá defeito, caindo a produtividade da máquina de forma significativa. Longo é ideal alinhar com

frequência os rolamentos. Haja vista que em torno de 20% das falhas em rolamentos é devido a desalinhamentos Figura 30 e 31.

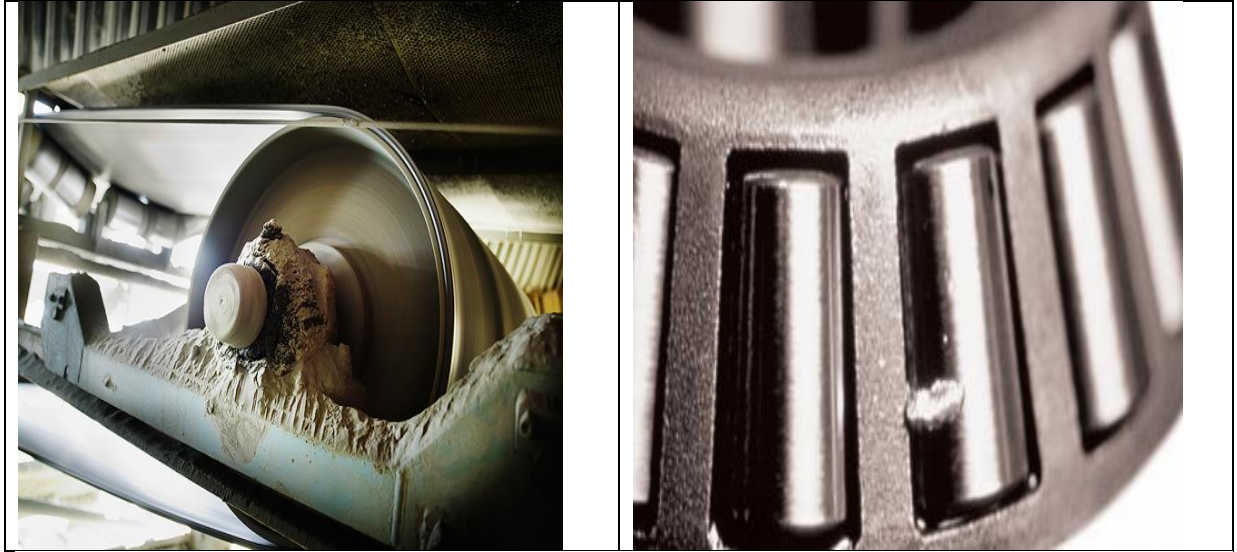
Vale destacar que já existe no mercado o alinhamento a laser, que determina com segurança a condição de alinhamento de um conjunto de rolamentos. Detecta também as condições como pé-manco, retlineidade e planicidade.



Figuras 30 (A) e 31 (B): Desalinhamento dos rolamentos (A) e (B)

Fonte: <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos>

Podem ocorrer ainda falhas por contaminações das peças, que prejudica a vida útil dos rolamentos, fato esse que geralmente é negligenciado, o ideal é prevenir e não remediar. Alguns fatores contribuem para ocorrer a contaminação como a poluição, sujeira e outros, dessa forma torna-se necessário fazer investimentos de blindagens, filtros especiais, sistemas de filtragem de lubrificantes *off-line* dentre outros. As falhas por contaminação de peças são em torno de 19% das falhas em rolamentos, Figuras 32 e 33.



Figuras 32 (A) e 33 (B): Contaminação dos rolamentos
 Fonte: <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos>.

Quanto à armazenagem dos rolamentos no estoque, deve ser de forma correta para evitar problemas futuros, Figura 34.



Figura 34: Almoxarifado de rolamentos
 Fonte: <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos>

Um armazenamento adequado deve seguir as seguintes orientações:

- 1) Os rolamentos devem ser guardados em sua embalagem original, por serem recobertos com uma camada de óleo protegendo-o contra a oxidação antes de serem empacotados e transportados;
- 2) A armazenagem deve ser feita em sem poeira, umidade, vibrações e calor;
- 3) A temperatura do estoque deve ser de 6 a 25 °C.

- 4) Devem ser armazenados deitados e apoiados em toda sua circunferência e não em posição vertical;
- 5) Sua posição de armazenagem deve ser invertida anualmente;
- 6) O primeiro rolamento a ser armazenado no estoque deve ser o primeiro a ser utilizado, praticar a metodologia FIFO, “First-in, First-out”;
- 7) Armazenar rolamentos no máximo por três anos.

O manuseio dos rolamentos deve ser realizado da seguinte maneira:

- 1) Os rolamentos devem ser manuseados com luvas;
- 2) Não deve sofrer choques ou pancadas;
- 3) O transporte de um rolamento de grande porte deve ser transportado por um veículo, deitado e amarrado;
- 4) O rolamento deve ser protegido em caso de ambientes agressivos.

2.8 Lubrificação

Trata-se de uma operação que se baseia na introdução de uma substância apropriada, óleo ou graxa, entre superfícies sólidas que façam contato entre si e que realizam movimentos relativos. Assim, nos pontos onde acontece o atrito das superfícies sólidas são substituídos pelo atrito fluido, reduzindo o desgaste entre as superfícies.

Dessa forma, o produto elaborado tem a função básica de reduzir o atrito e o desgaste entre partes móveis de um equipamento. Lubrificantes são substâncias que ao serem interpostas entre duas superfícies, em deslocamento relativo, ocorre a diminuição da resistência em relação ao movimento (ESSO, 2003; APROMAC, 2005).

As funções dos lubrificantes, de acordo com Albuquerque; Pires, (1973); APROMAC (2005); Almeida, (2006) são:

- 1) Controle do atrito: transforma o atrito sólido em atrito fluido;
- 2) Controle do desgaste: evita o desgaste prematuro, reduzindo o contato entre as superfícies;
- 3) Controle da temperatura: diminui o aquecimento gerado pelo contato entre as superfícies;

- 4) Controle da corrosão: reduz a oxidação, protegendo a superfície da ferrugem;
- 5) Amortecimento de choques: transfere energia mecânica para energia fluida;
- 6) Remoção de contaminantes: elimina as impurezas;
- 7) Vedação: melhora a estanqueidade, impedindo a entrada de partículas estranhas.

Com a redução do atrito, evita quebra do equipamento e perda de produção, o que significa sucesso na manutenção. As indústrias de processo devem buscar práticas eficientes na manutenção, para que possa melhorar a qualidade e a disponibilidade da produção (PINTO; RIBEIRO, 2002).

2.8.1 Tipos de Lubrificantes

De acordo com Belmiro, Carreiro, (2006); Neale, (2001) e SENAI (1997) os lubrificantes podem se apresentar em estados diferentes tais como:

- 1) Líquidos: São os mais utilizados, devido o seu maior poder de penetração, uma vez que atuam como dissipador de calor. Em torno de 95% dos lubrificantes são líquidos;
- 2) Pastosos: São as graxas comuns e as betuminosas, uma de suas características é promover a vedação;
- 3) Gasosos: Empregados, quando não é possível usar os lubrificantes comuns. Sua aplicabilidade é restrita tendo em vista a necessidade de vedação e a elevadas pressões;
- 4) Sólidos: São resistentes à elevadas pressões e temperaturas, utiliza-se normalmente como aditivos de lubrificantes líquidos ou pastosos.

2.8.2 Características dos lubrificantes

De acordo com Mang e Dresel (2007) APETRO as principais características dos óleos lubrificantes são:

- 1) Viscosidade: é a principal propriedade física, admite compreender a capacidade de resistência de película de óleo, é a medida de resistência

ao escoamento dos fluidos. A viscosidade dos lubrificantes não é constante, tem uma variação de acordo com a temperatura;

- 2) Índice de Viscosidade (IV): mede a variação da viscosidade em relação com a temperatura, quanto maior o IV, menor será a variação de viscosidade do óleo lubrificante, ao ser submetido a diferentes valores de temperatura;
- 3) Densidade: aponta a massa de um certo volume de óleo a uma certa temperatura;
- 4) Ponto de Fulgor: é a temperatura mais baixa em que os vapores de um líquido se inflamam quando aquecido sob ação de uma chama. Indica a capacidade de resistência ao fogo de um lubrificante;
- 5) Ponto de fluidez: é a temperatura mais baixa, expressa em múltiplo de 3 °C, a qual se observa a ausência de fluidez;
- 6) Número de acidez: determina a quantidade e o grau de acidez ou basicidade;
- 7) Demulsibilidade: é a capacidade que os óleos têm de se separarem da água.

2.8.3 Lubrificantes Sintéticos

São criados em laboratórios, possui uma viscosidade especial, são resistente à temperatura elevada ou baixa, suportam variadas condições de serviços. Geralmente são aplicados especialmente em algumas indústrias. São classificados nos grupos: ésteres de ácidos dibásicos, de organofosfatos e de silicones; silicones e compostos de ésteres de poliglicol.

Seu custo é elevado, logo devem ser empregados em casos específicos em que os lubrificantes minerais não atendem.

2.8.4 Formas de lubrificação

- **Lubrificação Manual:** Feita através de manuais como, podendo exemplificar com a almotolia, o copo graxeiro, pistola de óleo, espátula, dentre outras;

- **Almotolia:** É o tipo bomba ou comum, devem ser mantidas limpas e com os bicos desobstruídos. Os pontos de lubrificação devem ser mantidos limpos e protegidos;
- **Copo graxeiro:** A aplicação é um aperfeiçoamento da lubrificação manual, porém não abstrai o ser humano desde, uma vez que sua constância depende da atenção operador periodicamente;
- **Pistola Graxeira:** A aplicação de graxa com pistola graxeira é simples ao usar pistolas com acionamento manual. O uso de ar comprimido ou bombas elétricas torna complexa a aplicação porque força a entrada de graxa nos mancais;
- **Pistola de óleo:** Parecido com a pistola graxeira é composta de pinos para óleo, geralmente é encontrado em máquinas-ferramenta, roletes de esteiras.
- **Pincel:** É utilizado para aplicar lubrificante com pincel em engrenagens, cabos de aço, correntes, dentre outros;
- **Espátula:** Utilizada para se aplicar graxa, composições betuminosas, composições para estampagem e outros produtos muito viscosos;
- **Copo conta-gotas:** O lubrificante é aplicado em quantidade e em períodos desejados, exigindo atenção permanente na verificação do nível de óleo, do reenchimento e regulagem do número de gotas por minuto;
- **Copo com mecha tipo sifão:** Constituído por um tanque metálico que fica cheio de óleo, até um nível do tubo, onde é introduzido um estopim que fica imerso no tanque, que envia o óleo em forma de gotas para o tubo no eixo em movimento. É usado em locomotivas, motores estacionários, mancais e máquinas de tamanho médio;
- **Lubrificação Mecânica:** Compreende de um reservatório de óleo e diversos elementos individuais de bombeamento. São empregados largamente em compressores alternativos, cilindros de máquinas a vapor e mancais em geral;
- **Lubrificação por névoa:** O óleo é pulverizado em uma fina camada, distribuída por meio de uma tubulação. Utilizado para lubrificar mancais de rolamentos que precisam de controle na quantidade de óleo pois giram em altíssimas velocidades.

- **Lubrificação por banho de óleo:** O lubrificante fica num recipiente na própria máquina. As partes que precisam ser lubrificadas mergulham totalmente no óleo, o excesso de óleo é distribuído para outras partes. É muito usada em caixas de engrenagens, e o nível do óleo deve ser constante;
- **Banho com anel:** O óleo fica em um reservatório por um tempo longo, abaixo do mancal. Em volta do eixo do mancal repousa um anel, seu diâmetro é maior que o do eixo> Assim, sua parte inferior fica dentro do óleo e com o movimento o eixo gira transportando o óleo até um canal de distribuição;
- **Banho com colar:** Esse sistema substitui o anel do sistema anterior por um colar fixo ao eixo do mancal. É apropriado para lubrificantes viscosos e em serviços com alta velocidade;
- **Lubrificação por salpico:** Essa forma de lubrificação, uma peça é mergulhada no óleo e com o seu movimento o lubrificante é salpicado em diversas partes do conjunto mecânico. É utilizado em motores de combustão interna e em compressores de ar.
- **Banho com almofada:** Não é usado atualmente, os mancais de rolamento estão em seu lugar. Constitui-se de uma almofada de lã fiada, contida em armação que é forçada por mola contra o eixo do mancal.

2.8.5 Sistemas de lubrificação

O Sistema circulatório de óleo utiliza uma bomba para distribuir o lubrificante, alimentando por meio de gravidade ou por pressão, em que se bombeia-o fluido do cárter para um reservatório superior, de onde é distribuído aos pontos de lubrificação, Figura 35.

Esse sistema é mais complexo, porque todos os elementos de uma máquina em movimento são lubrificados por uma corrente contínua de óleo. Desempenha ainda a função lubrificante que serve para resfriar as superfícies em atrito.

O óleo que fica no depósito é aspirado por uma bomba através de tubulações apropriadas, e levado aos órgãos em movimento, em seguida o óleo retorna ao depósito sendo submetido a uma filtragem.

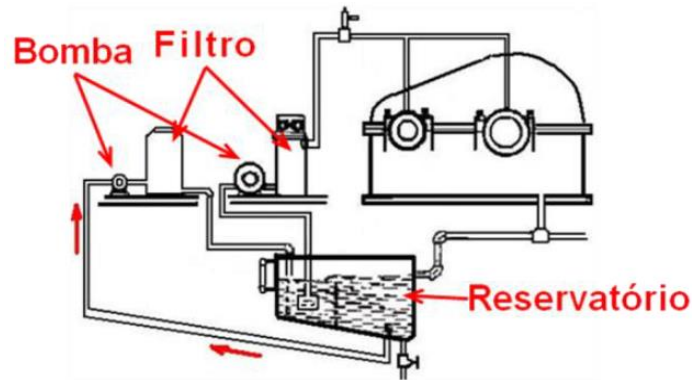


Figura 35: Sistema Circulatório de Lubrificação
 Fonte: Apostila Lubrificação Industrial Prof. Gerson de Souza Lima.

Esse sistema é muito utilizado para lubrificar máquinas-ferramenta, redutores de engrenagens e compressores.

A Lubrificação Centralizada é um distribuidor central lubrifica diversos pontos, esse sistema proporciona racionalizar o consumo de lubrificante, economizando mão-de-obra, uma vez que a máquina estando em movimento, é lubrificada.

Para pequenos circuitos o acionamento pode ser manual ou automatizado em que a própria máquina utiliza o sistema.

Tem-se três tipos de lubrificação centralizada: linha simples, linha dupla e sistema progressivo.

- **Linha simples:** As máquinas de pequeno e médio porte utilizam desse tipo de lubrificação, possui bombas manuais, pneumáticas ou elétricas, que ao atuar desloca lubrificante e pressuriza a linha de alimentação. Os dosadores, ao serem acionados pelo lubrificante, injetam óleo nos pontos de lubrificação Figura 36.



Figura 36: Distribuidor linha simples
 Fonte: Catálogo Distribuidor linha simples 320, LUBEQUIP EXIMPORT.

Ao terminar a pressurização, alivia-se a linha principal, os pistões dos dosadores voltam à posição original, que é feito por mola, o que permite recarga para o próximo ciclo.

- **Linha dupla:** Dispõe de duas linhas principais, sendo uma para acionar e outra para retomar os dosadores, a válvula direcional pressuriza as duas linhas alternadamente. Esse sistema opera por muitos anos, geralmente não apresenta problemas relacionados à manutenção. Figura 37. Pode ser operado de forma manual ou automaticamente.



Figura 37: Distribuidor linha dupla

Fonte: Catálogo Distribuidores Linha Dupla BM, LUBEQUIP EXIMPORT

- **Sistema Progressivo:** É composto por uma bomba ligada a uma quantidade variável de dosadores interligados. Os dosadores representados na Figura 38 são modulares, formados por seções superpostas. Cada dosador possui um pistão, orifícios e canais para o fluxo interno do lubrificante. Apesar de serem idênticos fisicamente, as seções têm pistões com diâmetros variáveis, conforme a necessidade de cada ponto. Nesse sistema, os pistões ficam sempre na linha principal, cada um atua antes que o fluxo da bomba acione o próximo pistão.

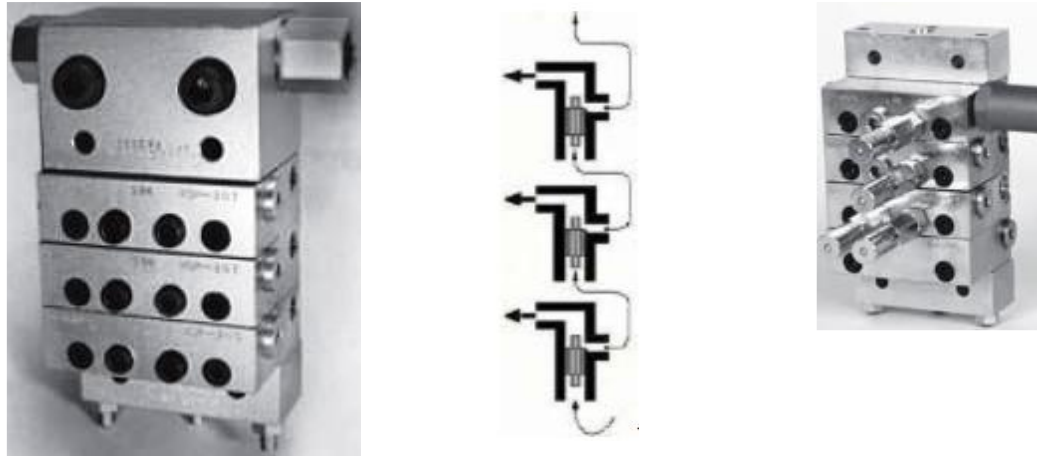


Figura 38: Dosadores

Fonte: Catálogo Distribuidores Progressivos Modulares MPE LUBEQUIP EXIMPORT.

Quanto a lubrificação de rolamentos, os Lubrificantes para rolamentos funcionam em condições especiais, haja vista que dependendo da aplicação com graxas, óleos, lubrificantes sólidos ou com as combinações destes lubrificantes, os mancais de rolamento podem ser lubrificados.

O contato direto do metal com corpos rolantes, deve ser evitado e os anéis de rolamento prevenindo desgaste por meio de soldagem, atrito, fadiga de materiais ou corrosão.

Pode-se afirmar que a maioria dos mancais de rolamentos são lubrificados com graxas, tendo em vista aos poucos problemas de vedação dos rolamentos. O óleo no espessante para lubrificação é mantido no ponto de lubrificação o que evita a penetração de impurezas no ambiente para o ponto de lubrificação Figura 39.



Figura 39: Lubrificação de rolamentos

Fonte: perma.com.br.

Geralmente aplicam-se graxas de sabão à base de óleos de minerais em condições normais de funcionamento. Porém, em casos em que de temperaturas altas e baixas, cargas mecânicas elevadas, trata-se de funcionamento exigente, onde se aplica graxas lubrificantes especiais para cumprir tais exigências.

Em condições de atritos mistos em baixas velocidades ou cargas elevadas, assim como para evitar desgaste e quebra do mancal prematuro, são previstas a utilização de graxas com lubrificantes sólidos.

Em casos especiais os mancais de rolamentos são lubrificadas somente a seco, como nos rolos de suporte e guia de correias transportadoras em linhas de pinturas automáticas automotivas. Os lubrificantes não podem conter nenhuma impureza para que não cause prejuízos.

Para tanto, os mancais de rolamentos devem ser limpos antes de se preencher com graxas lubrificantes. Devem ser lavados com produtos de limpeza, como por exemplo, MOLYKOTE MetalCleaner.

A Unidade de lubrificação de rolamentos de alta precisão foi desenvolvida para usar com a lubrificação ar-óleo em aplicações de alta velocidade. Assim sendo, oferece confiabilidade, rentabilidade e menor impacto ambiental.

Esse sistema simplifica os novos modelos de eixo-árvore e melhora o desempenho dos modelos já existentes. Com isso, ocorre o aumento do fluxo de lubrificante reduzindo o aquecimento por atritos nos rolamentos e os níveis de ruído também podem ser reduzidos Figura 40.



Figura 40: Rolamento de alta precisão
Fonte: skf.com.

2.9 Lubrificação Ar-óleo

Conforme a velocidade de rotação, o rolamento atinge o limite de temperatura, do calor. Reduzir o calor do atrito nos rolamentos pode garantir que todos os componentes recebam a quantidade certa do lubrificante.

Com o aumento da velocidade aumenta o calor do atrito resultante e a graxa é substituída por um sistema de lubrificação por óleo. Aplicações em alta velocidade exigem que o fornecimento de lubrificante seja preciso para que o rolamento seja lubrificado de forma adequada. O sistema de lubrificação ar-óleo reduz o atrito e a temperatura operacional, fornecendo algumas vantagens tais como:

- A velocidade aumenta, o que pode ser atingida pelo rolamento;
- Reduz o torque de atrito e o consumo de energia;
- O impacto ambiental é reduzido;
- Reduz o consumo de lubrificante;
- A eficácia do lubrificante é maximizada;
- A pressão positiva no mancal praticamente elimina a entrada de contaminações.

Em relação às unidades de lubrificação de rolamentos de alta precisão, estas colaboram com o prolongamento da sua vida útil. A unidade trabalha em eixos-árvore de alta velocidade, com um sistema de lubrificação ar-óleo, em posição horizontal e vertical Figura 41.



Figura 41: Lubrificação de rolamentos ar-óleo
Fonte: directindustry.com

2.9.1 Sortimento

Em relação à Unidade de lubrificação de rolamentos de alta precisão, trata-se de um conjunto de anéis espaçadores combinados, conforme a precisão e um rolamento de uma carreira de esferas de contato angular de alta velocidade.

As unidades de lubrificação de rolamentos de alta precisão foram projetadas principalmente para arranjos de rolamentos da série 70E:

- Rolamento simples de pareamento universal;
- Um conjunto de dois rolamentos dispostos em tandem;
- Um conjunto de dois rolamentos dispostos em O.

Vale destacar que os arranjos de rolamentos podem ser simples ou tandem por pré- carga por mola, em O com pré-carga rígida, Figura 42.



Figura 42: Sortimento de rolamentos
Fonte: skf.com

2.10 Calor

É uma forma de energia, podendo remeter para algo, com temperatura elevada. Quanto maior for o calor maior será a sua temperatura. Dois corpos possuem temperaturas diferentes e estando em contato, o objeto que estiver com maior temperatura passa para o de menor temperatura, até atingir o equilíbrio térmico. É comum relacionar o calor com a temperatura alta, como no Verão, porém, trata-se de uma questão muito subjetiva, porque nem todos sentem o mesmo calor.

Existe diferença entre calor e temperatura, o primeiro é a energia térmica em movimento, oriunda da movimentação dos átomos ou moléculas; a temperatura é a grandeza física que é usada para medir a energia cinética em questão, está associada a um número à vibração entre moléculas, é o sistema ou escala criada para medir o calor.

A Calorimetria é o processo que se usa para medir a quantidade de calor que é absorvida durante um fenômeno químico ou físico. Em medicina, utiliza-se a calorimetria para medir o metabolismo basal de determinado organismo, calculando o calor produzido por um determinado indivíduo, pode ser usada ainda mensurar as calorias dos alimentos.

O calor específico é uma expressão calor que aponta a quantidade de calor que determinada substância necessita para que a sua temperatura suba 1 grau centígrado. Já o calor latente, remete para o calor que existe em um corpo, que ainda que não altere a sua temperatura, modifica o âmbito molecular, que pode ser a passagem do estado sólido para estado líquido ou o contrário.

Quanto ao calor sensível, a energia térmica ao ser aplicada sobre um corpo causa apenas uma mudança de temperatura, não modifica do seu estado.

3 METODOLOGIA

O trabalho aqui proposto visa a implantação de um Sistema de Lubrificação Centralizada na linha de produção de zincagem contínua em uma empresa de grande porte do ramo de siderúrgica localizada na região sul fluminense.

Para realizar o presente estudo, utilizou-se livros, monografias, artigos, *sites* eletrônicos, periódicos e dados industriais.

Em seguida foi feito um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivo descritivo.

Para tanto, utilizou-se de manuais e catálogos relacionados a equipamentos de lubrificação centralizada, rolamentos e lubrificantes e dados atuais do equipamento.

Foram realizadas visitas técnicas na empresa ora em estudo, juntamente com o setor de manutenção da área em questão, onde se verificou que durante o procedimento de lubrificação dos mancais dos rolos do forno da linha de zincagem contínua. Observou-se a necessidade de uma avaliação desse procedimento, tendo em vista a falta de homogeneidade da lubrificação manual feita pelos colaboradores da referida empresa.

Para tanto, foi realizado um levantamento dos dados para demonstrar a necessidade de se implantar um sistema de lubrificação centralizada., avaliando ainda o lubrificante utilizado e o rolamento aplicado nos mancais dos rolos.

Quanto ao espaço físico do forno da linha de zincagem contínua, o mesmo apresenta a possibilidade de instalação dos componentes do Sistema de Lubrificação Centralizada a ser proposto, sem interferência nas passagens oficiais de pedestres assim como na estrutura dos equipamentos nele instalado.

Será avaliada a condição de aplicação do rolamento em função dos dados a serem coletados. Utilizar-se-á de um modelamento matemático para avaliar a folga interna no rolamento em função das condições reais de trabalho.

3.1 Fluxograma da memória de cálculo do tempo teórico de relubrificação, Figura 43.

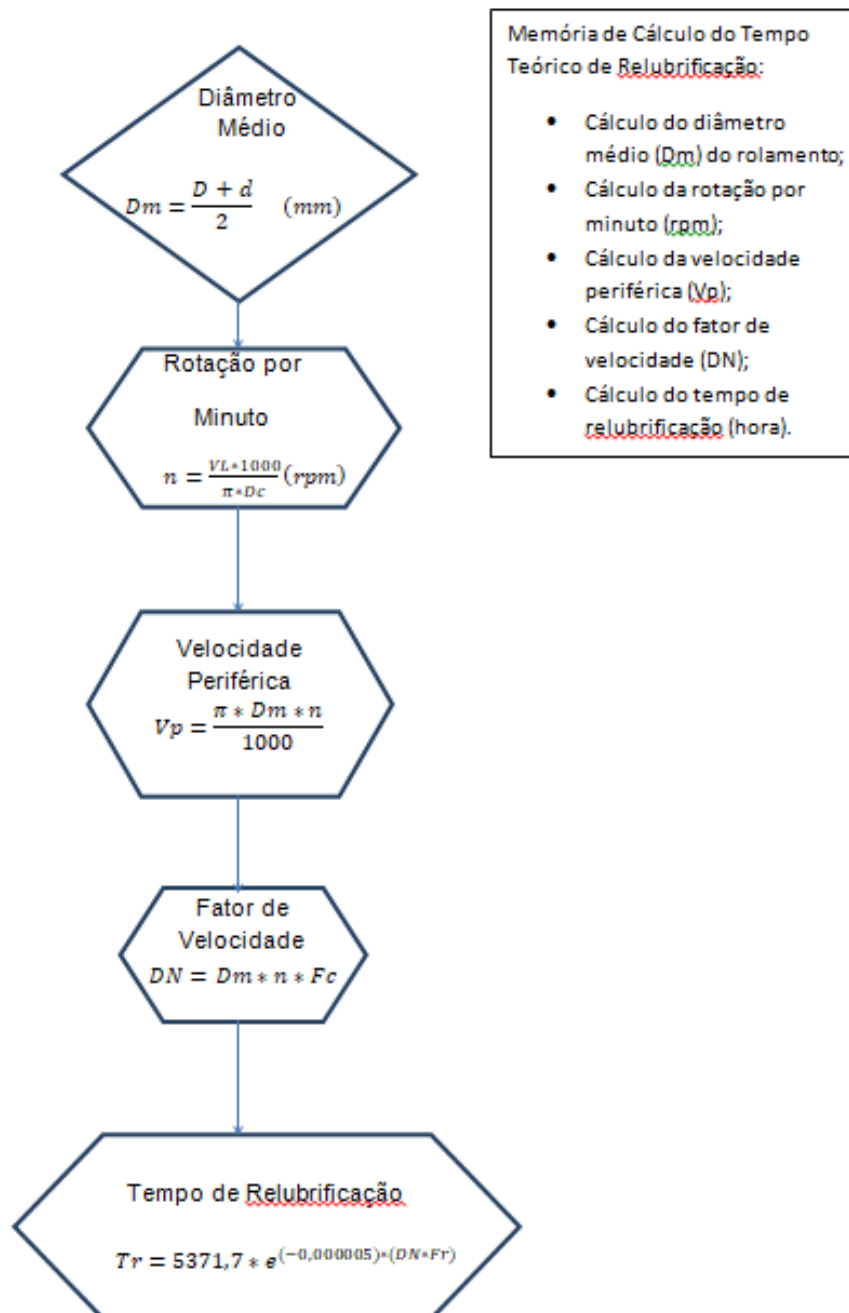


Figura 43: Fluxograma da memória de cálculo do tempo teórico de relubrificação
 Fonte: Autores.

3.2 Fluxograma da memória de cálculo da folga interna do rolamento em função da temperatura, Figura 44.

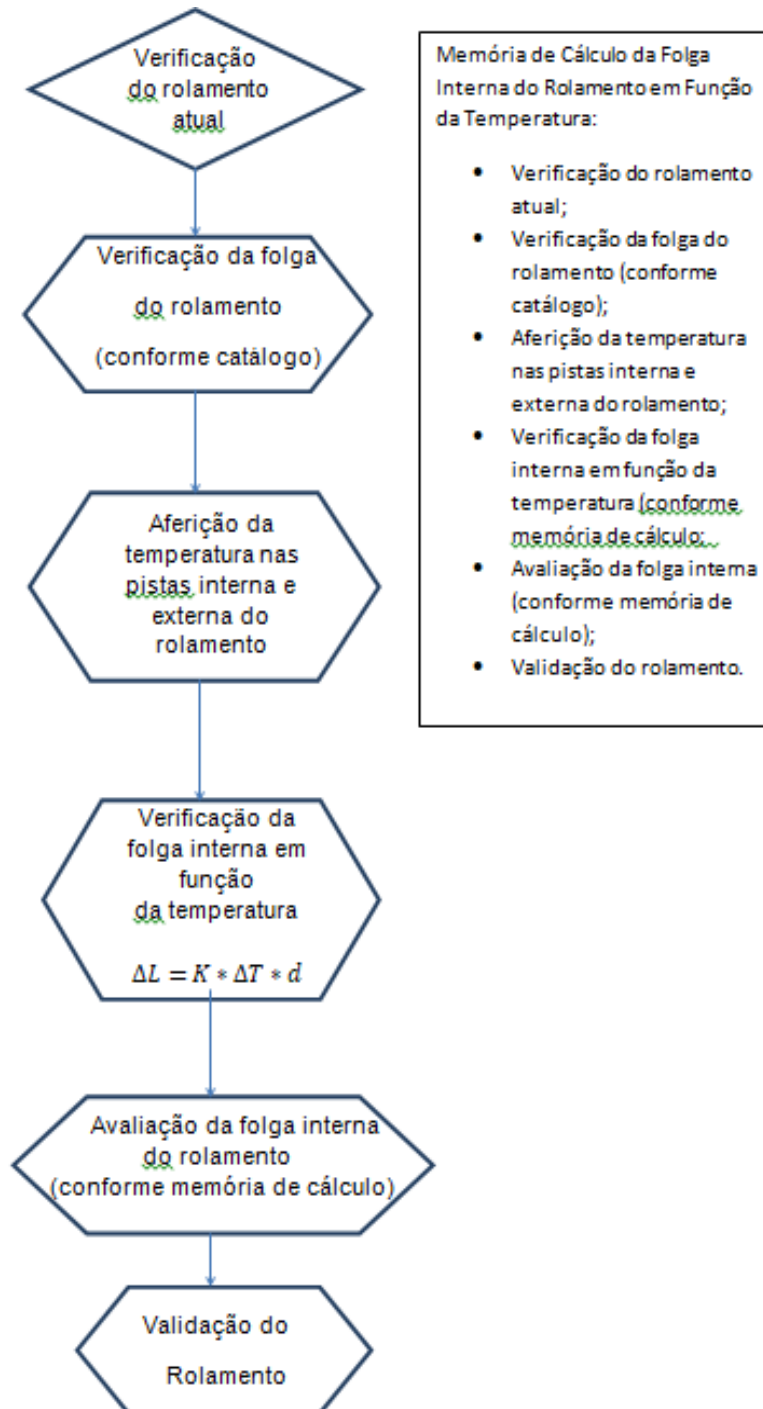


Figura 44: Fluxograma da memória de cálculo da folga internas do rolamento em função da temperatura.

Fonte: Autores.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Levantamento dos dados

O levantamento foi realizado no forno de recozimento da zincagem contínua, apresentando os seguintes itens:

- Divisões físicas do forno: pré-aquecimento, aquecimento, resfriamento lento e resfriamento rápido;
- Altura máxima dos mancais superiores do forno em relação ao piso: 21,225m;
- Altura máxima dos mancais inferiores do forno em relação ao piso: 3.300m;
- Comprimento do forno 20.200m;
- Número de rolos superiores: 6;
- Número de mancais superiores: 12
- Número de rolos inferiores: 9;
- Número de mancais inferiores: 18;
- Temperatura máxima de trabalho: 810 °C;
- Tipo de acionamento dos rolos: moto redutores;
- Velocidade máxima de rotação dos rolos: 1900 rpm;
- Temperatura ambiente 40 °C;
- Lubrificante utilizado: Graxa Rocol BG LC/2;
- Tipo de rolamento: alto compensador de rolos;
- Modelo de rolamento: NTN-TS3-23026DKDI C4+H3026.
- Temperatura na pista interna do rolamento: 110 °C com forno a 710 °C;
- Temperatura na pista externa do rolamento: 90 °C com forno a 710 °C;
- Refrigeração dos mancais: inoperante.

Após esse levantamento, foi acompanhada a equipe de lubrificação e uma rotina de lubrificação manual. Essa lubrificação é feita ponto a ponto individualmente com uso de bomba de graxa manual, operada com acionamentos manuais por meio de alavanca.

Esses acionamentos não representam movimentos constantes e igualitários, onde vários colaboradores se revezam nessa atividade, o que contribui com o

diferente volume de abastecimento do lubrificante em cada mancal dos rolos do forno, ora em excesso ora em falta.

4.2 Modelamento físico

O forno da linha de zincagem contínua é constituído de 8 pavimentos com altura máxima de 22.800m em relação ao piso, em um comprimento total 25.600m e largura de 3.500m conforme demonstrado nas figuras 45 e 46. O aquecimento interno do forno é feito pela queima de gases.

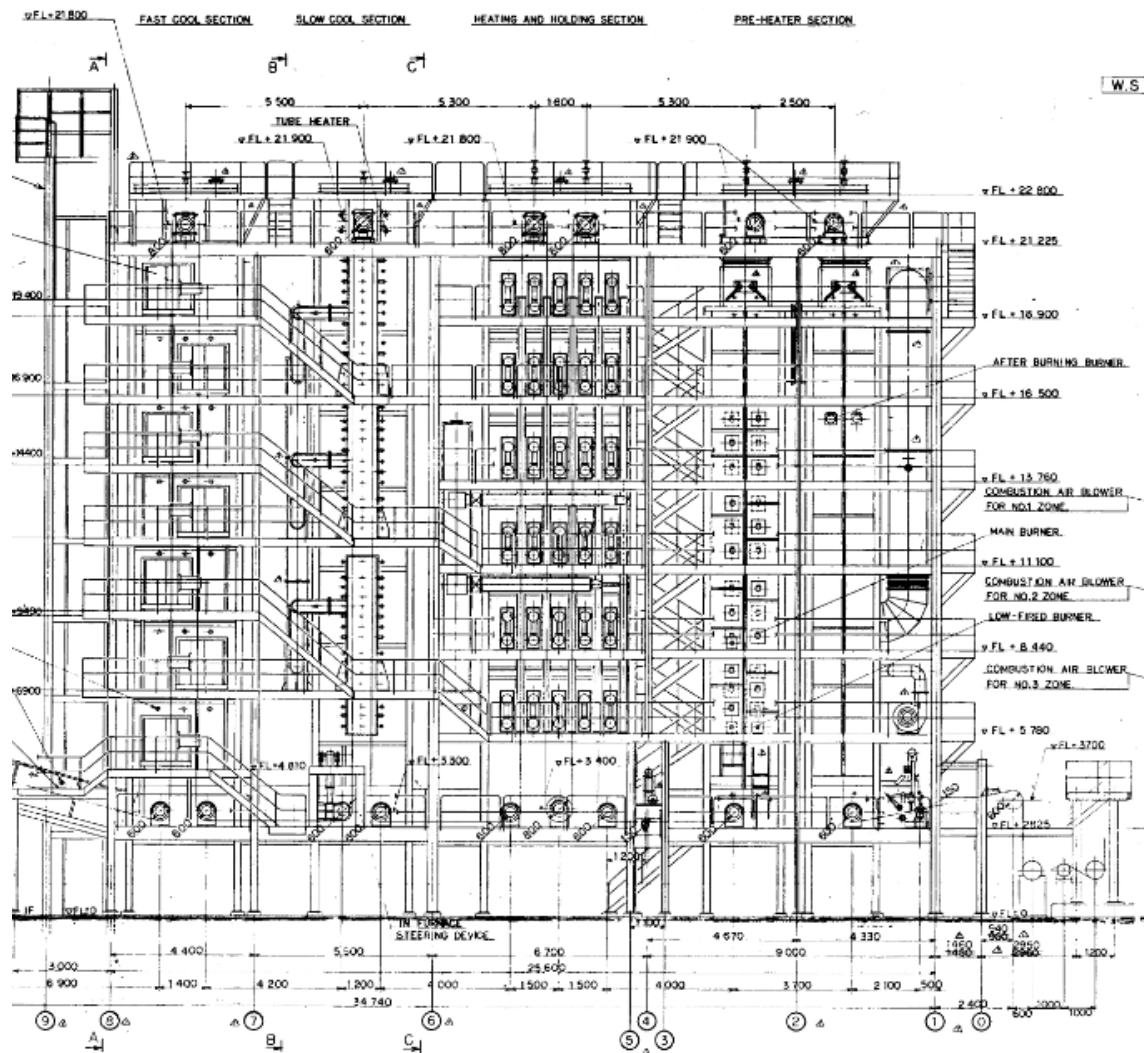


Figura 45: *Layout* da planta do forno de recozimento

Fonte: Adaptado pelos autores.

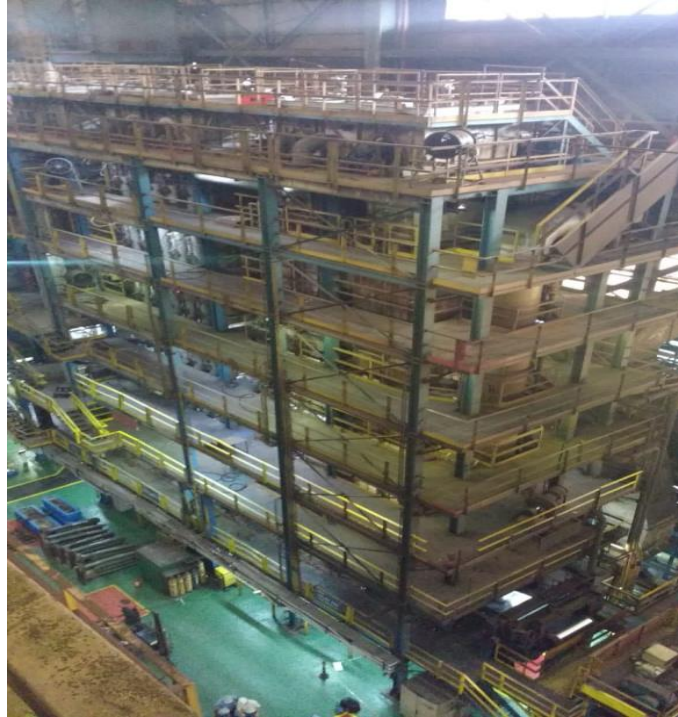


Figura 46: Forno de recozimento de chapas

Fonte: Os autores.

Para tanto, pode-se afirmar que o espaço físico é suficiente para se implantar um sistema de lubrificação centralizada tendo em vista a busca de melhorias contínuas.

O transporte das chapas no forno é composto por 15 conjuntos de rolos acionados por meio de moto redutores, Figura 47 e 48.



Figura 47: Conjunto de acionamento dos rolos do forno de recozimento da linha de zincagem

Fonte: Autores.

Tabela 1: Características do lubrificante

Fabricante	ROCOL
Referencia Comercial	Rocol-BG LC/2
Base	Óleo Mineral
Espessante	Sabão complexo de Lítio
Penetração Trabalhada	(IP 50 – 1/10 MM) 265/295
Temperatura de Trabalho	-10°C À 200°C
Ponto de Gota	>250°C
Ponto de Fulgor °C	>200°C
Densidade Relativa (g/mL)	1
Grau NGLI	2
Viscosidade do Óleo Básico á 40°C	680 CST
Viscosidade do Óleo Básico á 100°C	39CST
Fornecimento	Tambor 170L

Fonte: ROCOL Adaptado pelos autores.

Em função da temperatura de 110 °C encontrada na pista interna do rolamento do conjunto de rolos, conforme figura 49.



Figura 49: Medição de temperatura na pista interna do rolamento

Fonte: Os autores.

Na temperatura interna de trabalho de 710 °C do forno demonstrado na figura 50.

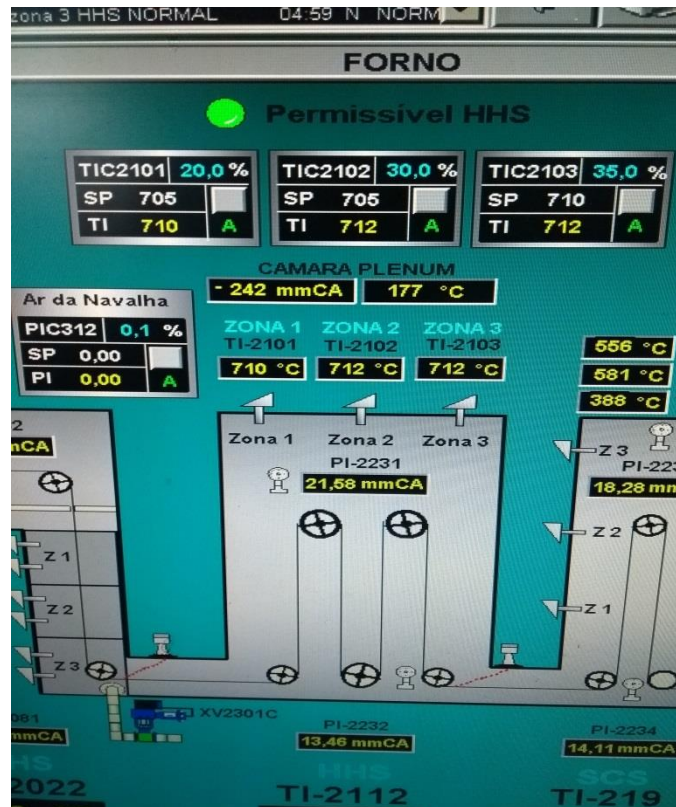


Figura 50: Supervisório da sala de operação
Fonte: Os autores.

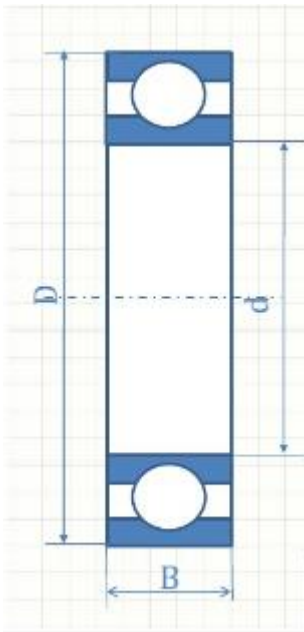
Nesse contexto devido à temperatura máxima de trabalho ser de 810 °C será estimado um aumento de 30 °C na temperatura da pista interna do rolamento passando a mesma a ser de 140 °C.

Mesmo com esse aumento estimado, pode-se afirmar que o lubrificante utilizado atende em função da temperatura as necessidades do trabalho, devido o lubrificante poder ser aplicado em faixas de temperatura entre -10 °C a 200 °C, conforme informação do fabricante, tabela 1.

4.4 Memória de cálculo para intervalo teórico mínimo de relubrificação

Para interpretação da quantidade de graxa para a relubrificação dos rolamentos dos rolos do forno de recozimento da zincagem contínua será adotado o seguinte modelamento matemático, conforme Figura 51.

- Cálculo do diâmetro médio (D_m) do rolamento na seguinte equação:



$$D_m = \frac{D + d}{2} \quad (mm) \quad (1)$$

Figura 51: Rolamento
Fonte: UNOTECH.

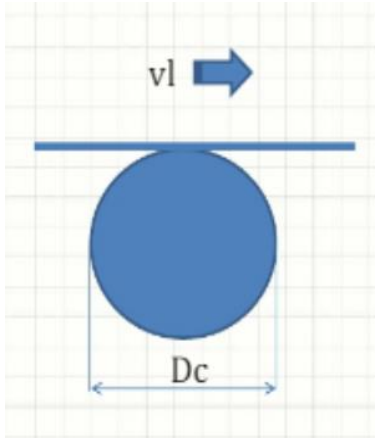
Onde:

D_m : Diâmetro médio (mm);

D : Diâmetro externo (mm);

d : Diâmetro interno (mm);

- Cálculo da rotação por minuto (rpm) , (Figura 52) na seguinte equação:



$$n = \frac{VL * 1000}{\pi * Dc} \quad (rpm) \quad (2)$$

Figura 52: Demonstração de velocidade em linha
Fonte: UNOTECH.

Onde:

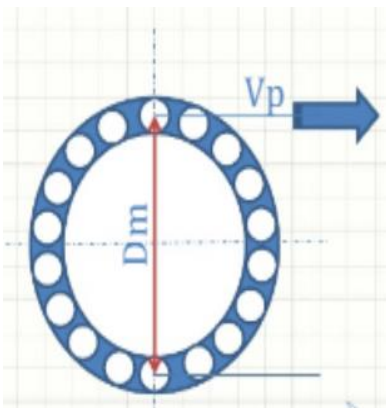
n : Rotações por minuto (rpm)

VL : Velocidade de linha

Dc : Diâmetro de contato com a linha

Obs: Cálculo utilizado quando não temos a rpm, só a velocidade em linha

- Velocidade Periférica (Vp), Figura 53, na seguinte equação:



$$Vp = \frac{\pi * Dm * n}{1000} \quad (3)$$

Figura 53: Velocidade periférica
Fonte: UNOTECH.

Onde:

Vp : Velocidade periférica (m/min)

Dm : Diâmetro médio (mm)

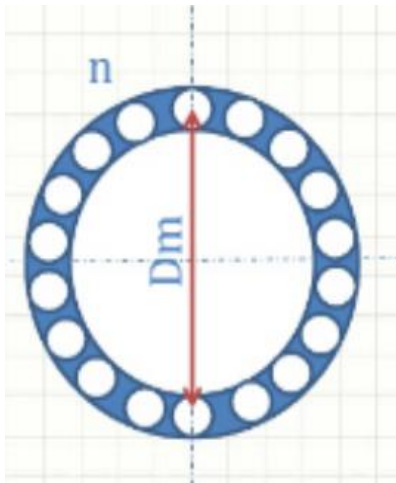
n : Rotação por minuto (rpm)

Obs: Velocidade periférica referente ao D_m quando tratamos de lubrificantes convencionais:

$V_p > 700$ m/min – Utilizar óleo

$V_p > 700$ m/min – Utilizar graxa

- Fator de velocidade (DN) (Figura 51, na seguinte equação:



$$DN = D_m * n * F_c \quad (4)$$

Figura 54: Fator de Velocidade
Fonte: UNOTECH.

Onde:

DN : Fator de velocidade (mm/min)

D_m : Diâmetro médio (mm)

n : Rotações por minuto (rpm)

F_c : Fator de correção do rolamento (adimensional), tabela 2

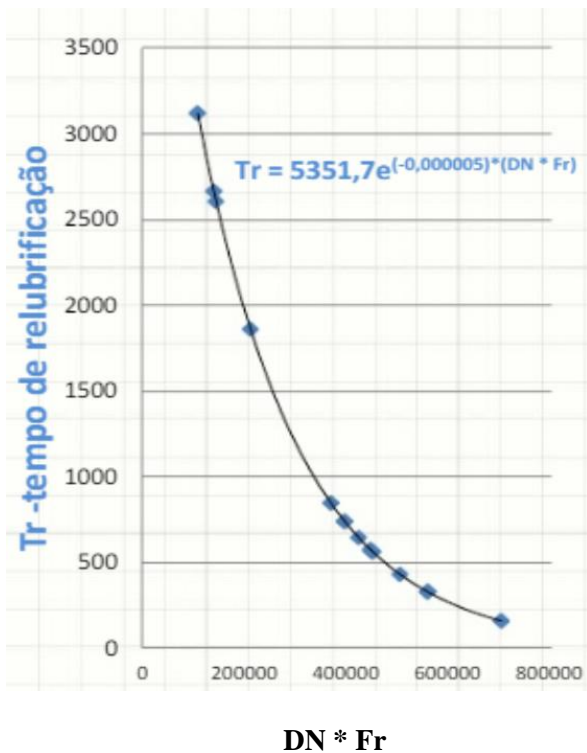
Tabela 2: Fator de correção do rolamento

Fc: Fator de correção		
Rolamentos de esferas	100%	1
Rolamentos de dupla esferas	90%	0,9
Rolamento de agulhas	70%	0,7
Rolamento de rolos cônicos	60%	0,6
Rolamento de rolos cilíndricos	40%	0,4

Fonte: UNOTECH. Adaptado pelos Autores.

Nota: DN é a resistência interna da graxa, resultante da combinação de óleo e espessante. Caso ultrapasse a rotação da graxa, haverá aquecimento, centrifugação.

- Cálculo do tempo de relubrificação (hora) (Figura 55) na seguinte equação:



$$Tr = 5371,7 * e^{(-0,000005)*(DN*Fr)}$$

(5)

Figura 55: Gráfico Tempo de relubrificação

Fonte: UNOTECH.

Onde:

Tr : Tempo de relubrificação (Horas)

DN : Fator de velocidade (mm/min)

Fr : Fator de forma do rolamento (adimensional)

Obs: Fr para rolamentos esféricos $Fr = 1$, para outros rolamentos usar $Fr = 2$

4.5 Análise do rolamento

A produção no setor da indústria na maioria das vezes é responsável pelo aumento do lucro e até mesmo com o aumento da produtividade, à qual é determinada pelo desempenho os equipamentos. Havendo trabalhos com cargas

radicais pesadas, deve manter o bom funcionamento da operação o que parece uma tarefa difícil.

No mercado se encontra o rolamento autocompensador de rolos cônicos, que auxilia no rolamento das máquinas com facilidade. Este rolamento garante um desempenho extraordinário. Esse tipo de rolamento é desenvolvido para melhorar a produtividade, economizar energia, e diminuir o atrito de máquinas que operam em alta velocidade ou com cargas radicais pesadas. Além disso, o rolamento autocompensador de rolos cônicos possui a capacidade de suportar cargas combinadas, ou seja, cargas axiais e radicais. Todas essas características garantem ao produto qualidade, segurança e longa vida útil, Figura 56.



Figura 56: Rolamento Autocompensador de Rolos NTN 23026
Fonte: rolamentos.com.br.

A folga interna do rolamento é definida como a distância total através da qual um anel do rolamento pode ser movido em relação ao outro na direção radial (folga interna radial) ou na direção axial (folga interna axial).

Em quase todas as aplicações, a folga inicial do rolamento é maior do que sua folga operacional. A diferença é causada principalmente por dois efeitos:

- Os rolamentos geralmente são montados com um ajuste interferente no eixo ou no mancal. A expansão do anel interno ou a compressão do anel externo reduz a folga interna;
- Os rolamentos geram calor na operação. A expansão térmica diferencial do rolamento e dos componentes conjugados influencia a folga interna.

É importante ter folga interna suficiente em um rolamento durante a operação. Pré-carga (folga abaixo de zero) é possível para determinados tipos de rolamento. Para permitir a seleção da folga interna inicial apropriada a fim de obter a folga interna operacional desejada, os rolamentos estão disponíveis em diferentes classes de folga.

A ISO definiu cinco classes de folga para os vários tipos de rolamento. Usam-se sufixos de designação para indicar quando a folga interna do rolamento é diferente de Normal conforme tabela 3.

Tabela 3: Classes de folga interna de rolamento

Classe de folga ISSO	Sufixo de designação	Folga interna
-	C1	Menor que C2
Grupo 2	C2	Menor que Normal
Grupo N	-	Normal
Grupo 3	C3	Maior que Normal
Grupo 4	C4	Maior que C3
Grupo 5	C5	Maior que C4

Fonte: Catálogo SKF

4.6 Memória de cálculo do rolamento

A folga interna que estamos utilizando é a Classe de Folga ISO do grupo 4 com o Sufixo de designação C4 que compreende uma folga interna maior que C3, tomando como referência um diâmetro interno do rolamento de 120mm, uma constante de 0,000012 e a respectiva variação de temperatura entre 90°C e 110°C aferidas diretamente na pista externa e interna do rolamento com a temperatura interna do forno em 710 °C.

Como a temperatura máxima do forno pode chegar a 810 °C, por convenção será adotado um aumento de 30 °C, passando a temperatura da pista interna do rolamento para 140 °C e da externa para 120 °C.

Conforme informações da tabela de Instalação do Rolamento Auto compensador com Furo Cônico do Catálogo NSK, a folga interna com o sufixo de

designação C4 nos atende em relação ao esperado, já que a variação de comprimento deu em torno de 0,0288mm e a informada na tabela 4 diz 0,130mm.

Tabela 4: Instalação do rolamento autocompensador com furo cônico .

Diâmetro do furo d (mm)		Redução da Folga radial		Folga Residual Mínima		
Acima de	Inclusive	min.	máx.	Normal	C3	C4
30	40	0,025	0,030	0,010	0,025	0,035
40	50	0,030	0,035	0,015	0,030	0,045
50	65	0,030	0,035	0,025	0,035	0,060
65	80	0,040	0,045	0,030	0,040	0,075
80	100	0,045	0,055	0,035	0,050	0,085
100	120	0,050	0,060	0,045	0,065	0,110
120	140	0,060	0,070	0,055	0,080	0,130
140	160	0,065	0,080	0,060	0,100	0,150
160	180	0,070	0,090	0,070	0,110	0,170
180	200	0,080	0,100	0,070	0,110	0,190
200	225	0,090	0,110	0,080	0,130	0,210
225	250	0,100	0,120	0,090	0,140	0,230
250	280	0,110	0,140	0,100	0,150	0,250

Fonte: Catálogo de rolamento NSK.

Como memória de cálculo em função da temperatura, adotar-se-á a seguinte equação para análise da folga interna do rolamento aplicado.

Equação para verificação da folga interna do rolamento em função da temperatura

$$\Delta L = K * \Delta T * d$$

Onde:

ΔL : Variação da folga (mm)

ΔT : Variação da temperatura entre a pista interna e externa do rolamento (Graus C)

d : Diâmetro interno rolamento (mm)

K : Constante de dilatação do material (adimensional)

Nota: Para rolamento com material padrão 100C6 usa-se como constante de dilatação do material = 0,000012.

4.7 Implantação do sistema de Lubrificação Centralizada

4.7.1 Funcionamento do Sistema

A graxa bombeada pela unidade de bombeamento é direcionada por meio da válvula direcional (inversor) para uma das linhas principais do sistema, que por convenção chamaremos de linha “A”. A movimentação dos pistões internos dos distribuidores inicia à medida que a pressão dessa linha vai aumentando, promovendo assim a dosagem adequada do lubrificante nos mancais.

Terminada a injeção do lubrificante nos mancais, a pressão do sistema aumenta até atingir a pressão de inversão, fazendo com que o inversor promova a mudança de direção de bombeamento do lubrificante, onde a linha principal que irá conduzir o lubrificante não seja mais a linha “A” e sim a linha “B”, promovendo assim o primeiro meio ciclo de funcionamento do sistema.

A figura 57 demonstra um esquema dos componentes do sistema de lubrificação centralizada montados conforme mencionados.

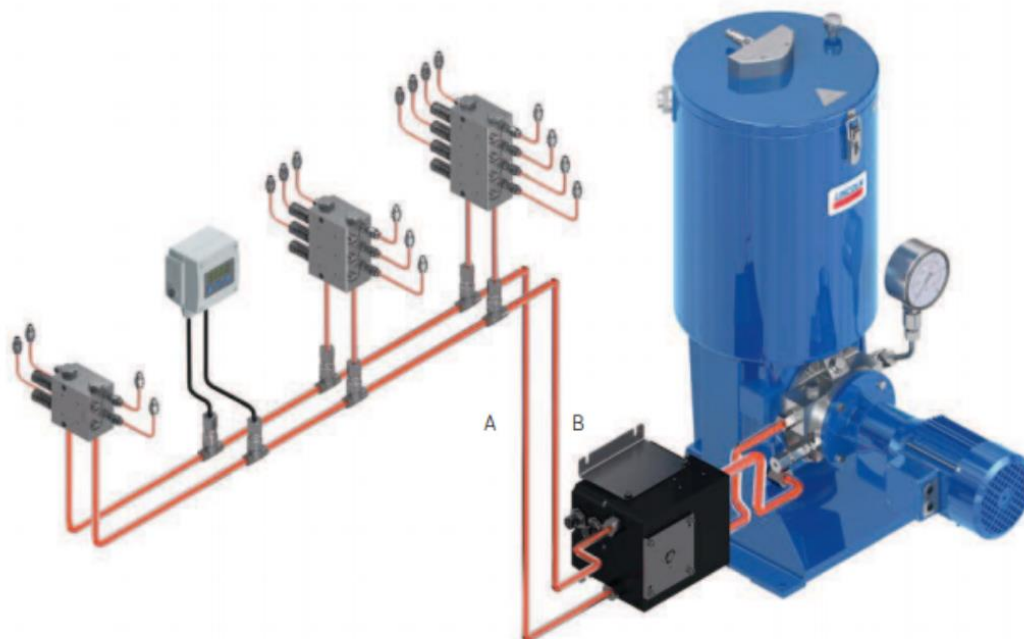


Figura 57: Esquema de montagem de componentes

Fonte: Catálogo EXIMPORT.

Terminada a injeção de lubrificante nos pontos de consumo alimentados pela linha “B” a pressão do sistema novamente aumenta até a pressão de inversão, onde se direciona o lubrificante que está sendo conduzido pela linha “B”, passando

novamente para a linha “A”, encerrando o segundo meio ciclo, assim completando um ciclo completo de funcionamento do sistema.

4.7.2 Componentes do sistema

- Conjunto bombante;
Bomba motorizada de graxa;
Reservatório de graxa;
Inversor hidráulico;
Painel de comando e controle.
- Linhas de Distribuição
Linhas principais – DN 1”..
Linhas intermediárias – DN 1/2” .
Linhas secundárias – DN 3/8” / Mangueiras DN int. 1/4”

4.7.3 Distribuidores

- Distribuidores Modulares de 1 módulo;
- Distribuidores Modulares de 2 módulos;
- Distribuidores Modulares de 3 módulos.

Os distribuidores são tipos de válvulas que podem ser usados com óleo ou graxa em Sistemas de Lubrificação Centralizada. Sua operação é totalmente hidráulica, sem válvulas de retenção e são constituídos de 1 (um) até 10 (dez) elementos modulares, conforme figura 58 fixados em sub placas.

Cada elemento modular poderá atender 1 (um) ou 2 (dois) pontos de lubrificação, possuindo um indicador (castelo) com haste (pistão) que se movimenta quando o sistema está bombeando o lubrificante, e com essa movimentação visual podemos comprovar o seu funcionamento.



Figura 58: Distribuidores linha dupla
Fonte: Catálogo EXIMPORT,

A regulagem é feita por parafuso existente na parte superior do indicador. Estando a contra porca faceada com o topo do castelo e tendo encostado junto a si o parafuso de ajustagem de volume, o distribuidor terá a sua vazão máxima. Estando o parafuso de ajustagem totalmente embaixo no castelo, o distribuidor terá a sua vazão mínima, Figura 59.

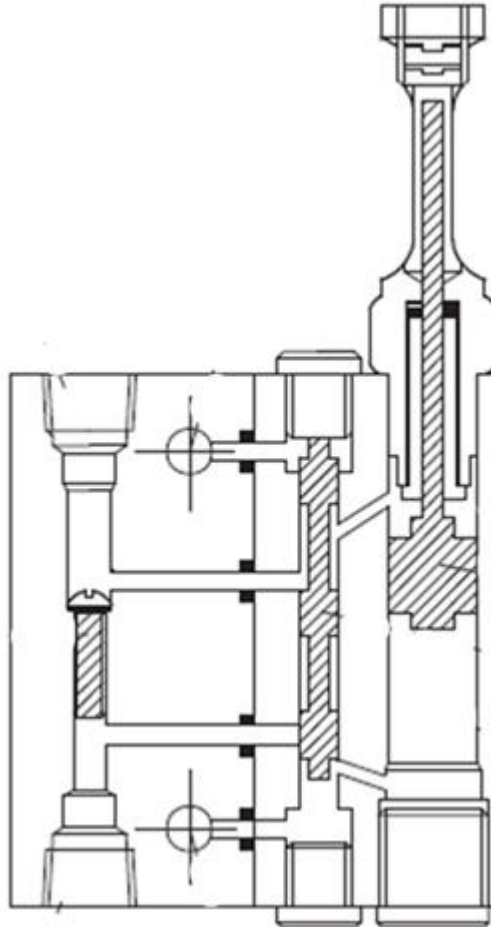


Figura 59: Vista em corte distribuidor linha dupla
Fonte: Catálogo EXIMPORT.

4.8 Recomendações para montagem

4.8.1 Posicionamento do conjunto bombante e sistema de abastecimento de graxa

Posicionar a bomba de graxa no mesmo piso operacional dos rolos inferiores (elevação +2825), ao lado da seção de resfriamento rápido, no lado leste das colunas 8A e 8B Figuras 60 e 61.

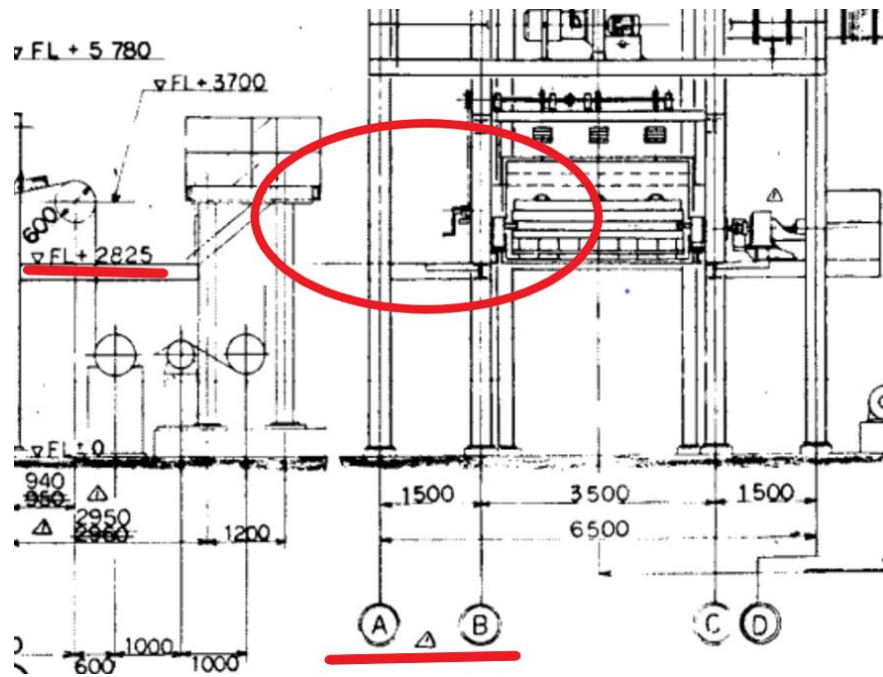


Figura 60: Local da montagem do conjunto bombante, vista frontal
Fonte: Adaptado pelos autores.

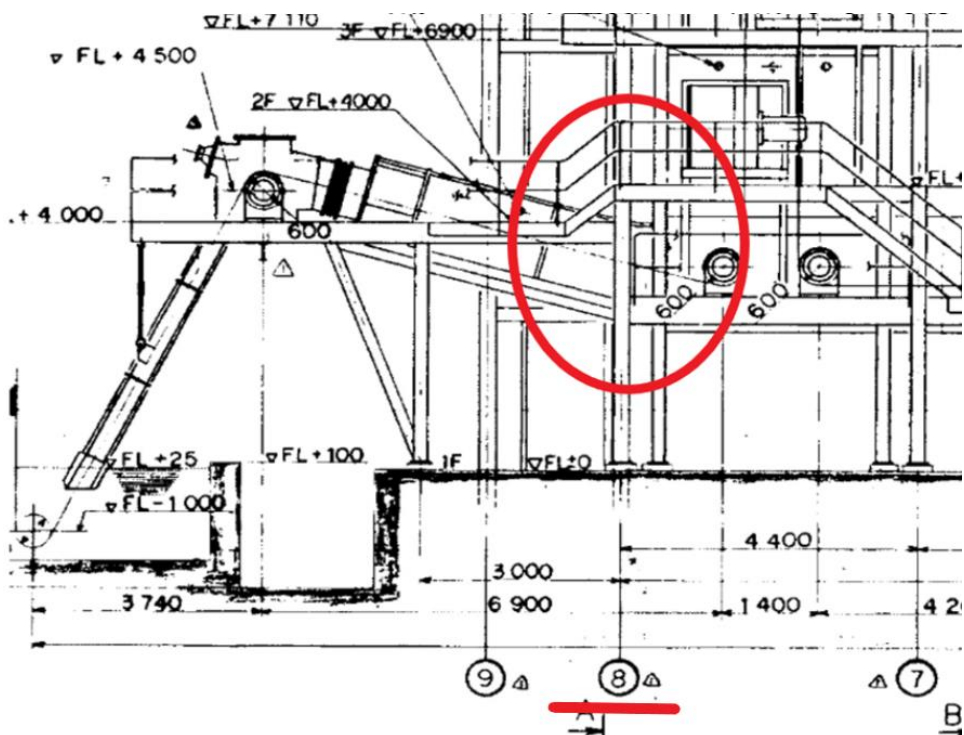


Figura 61: Local da montagem do conjunto bombante, vista lateral
Fonte: Adaptado pelos autores.

4.8.2 Posicionamento das linhas principais DN 1”.

Posicionar as linhas principais de DN 1” sob o piso operacional dos rolos inferiores (elevação +2825) Figura 62.

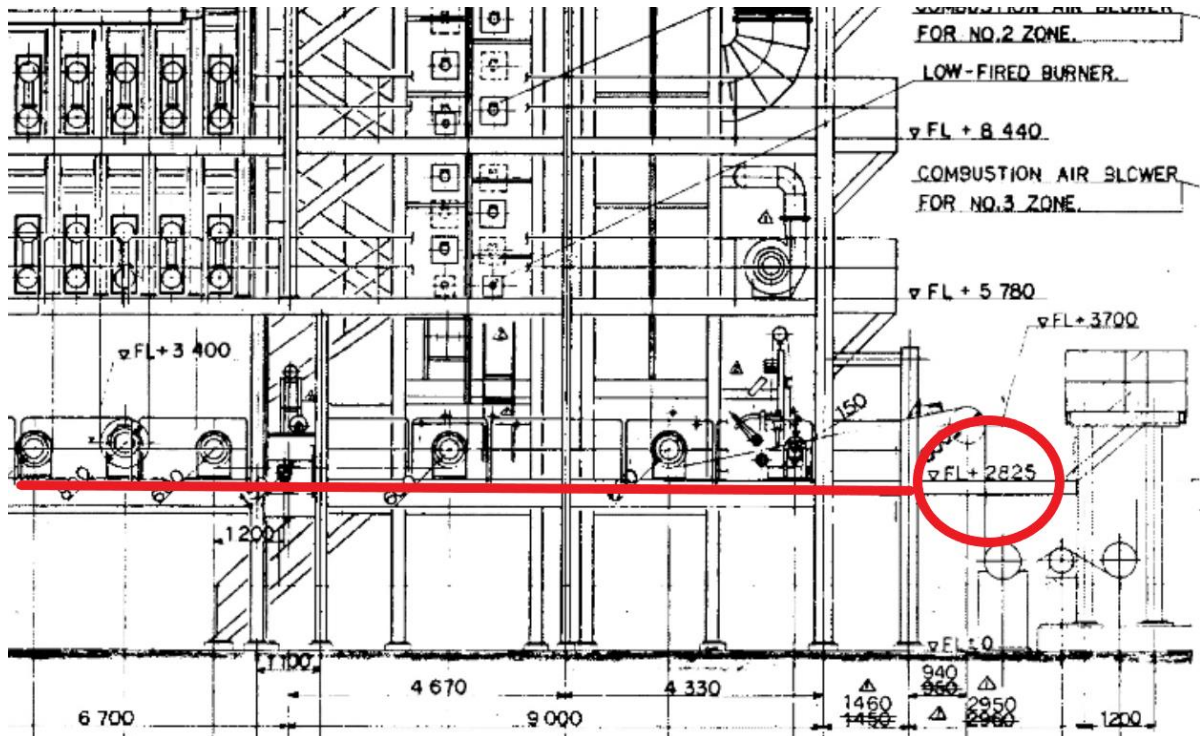


Figura 62: Local da montagem da tubulação principal inferior, vista lateral
Fonte: Adaptado pelos autores.

Posicionar as linhas principais de DN 1" sob o piso operacional dos rolos superiores (elevação +21225) Figura 63

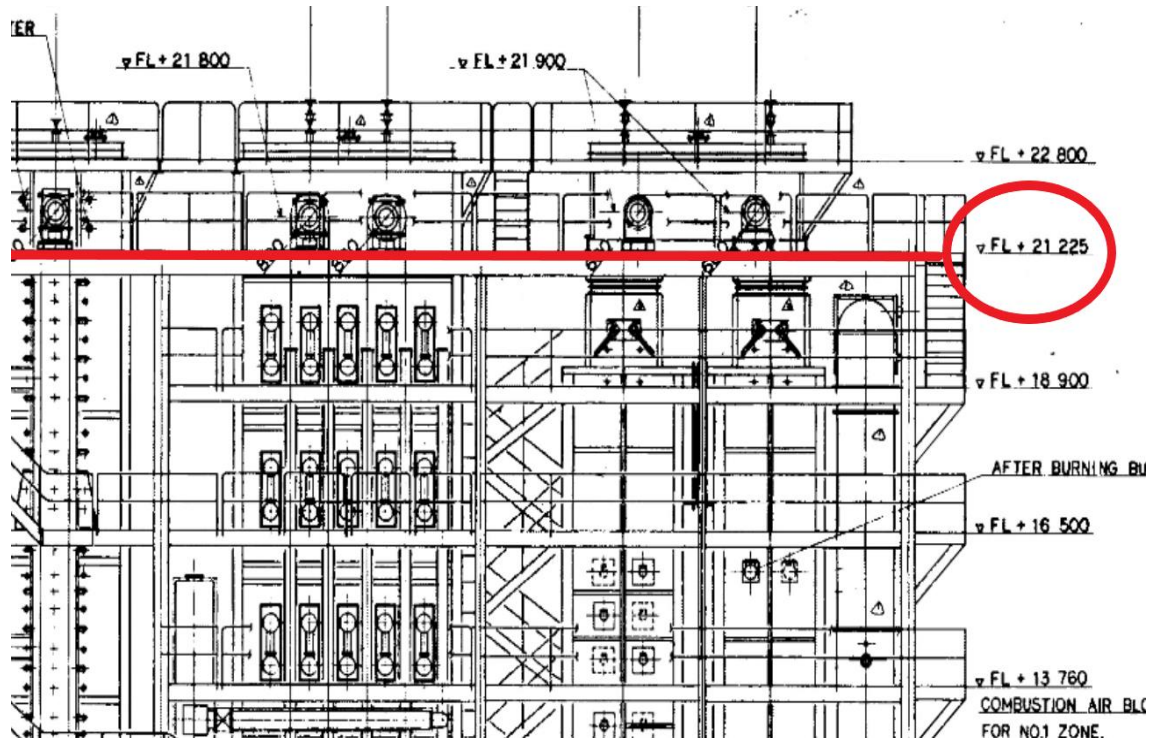


Figura 63: Local da montagem da tubulação principal superior, vista lateral
Fonte: Adaptado pelos autores.

4.8.3 Posicionamento dos distribuidores, linhas secundárias e mangueiras

Posicionar os distribuidores de graxa próximos aos mancais, no mesmo piso operacional dos rolos inferiores, passando as linhas secundárias e as mangueiras de alimentação sob os rolos alimentando-os individualmente Figura 64.

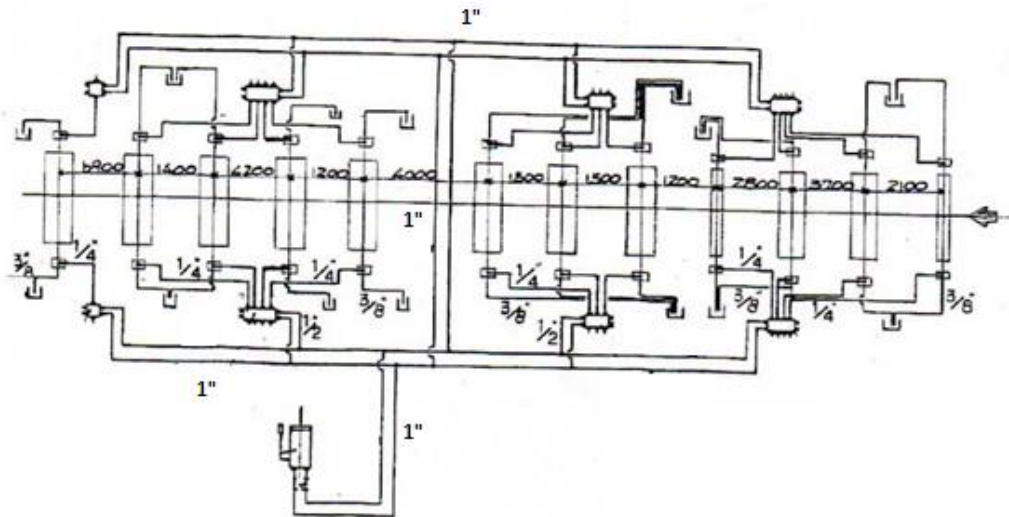


Figura 64: Montagem distribuidores, linhas secundárias, mangueiras parte inferior, vista superior.

Fonte: Adaptado pelos autores.

4.8.4 Posicionamento dos distribuidores, linhas secundárias e mangueiras

Posicionar os distribuidores de graxa próximos aos mancais, no mesmo piso operacional dos rolos superiores, passando as linhas secundárias e as mangueiras de alimentação sob os rolos alimentando-os individualmente Figura 65.

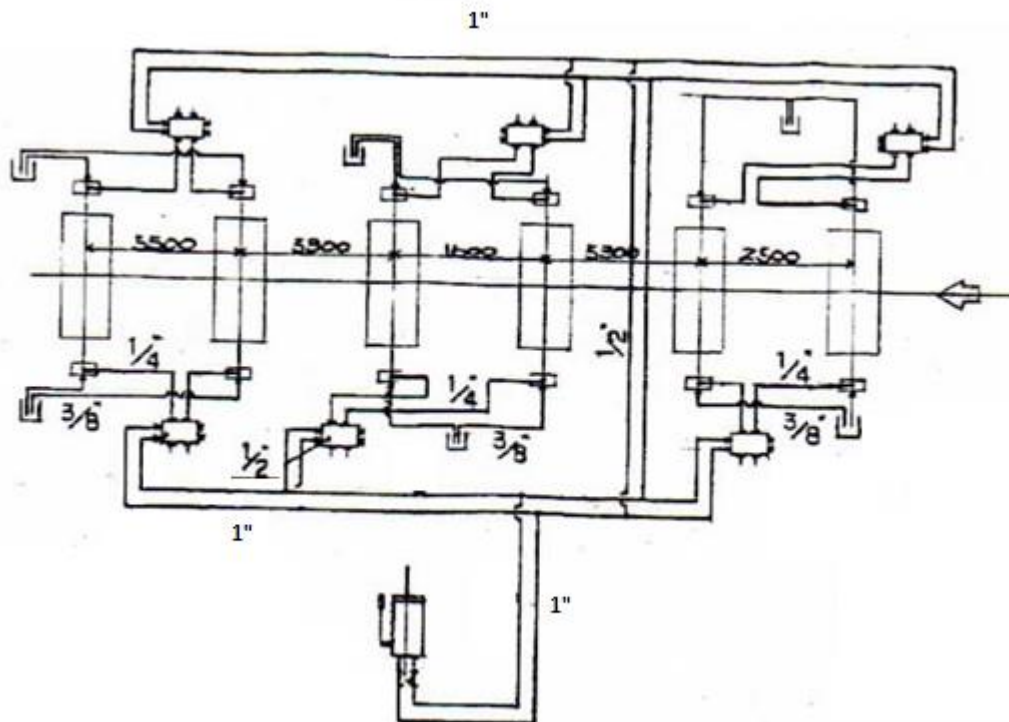


Figura 65: Montagem distribuidores, linhas secundárias, mangueiras parte superior, vista superior.

Fonte: Adaptado pelos autores.

4.8.5 Interligação das linhas principais

Interligar as linhas principais do piso de elevação +2825 com as linhas principais do piso de elevação +21225, através de uma linha a ser posicionada ao longo da coluna 6B Figura 66.

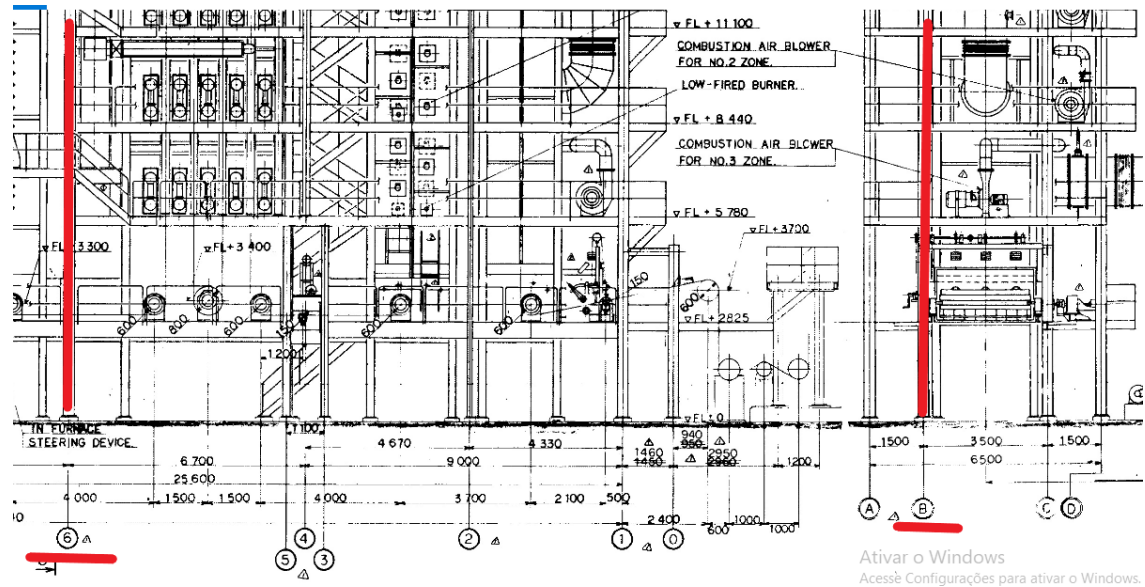


Figura 66: Interligação das linhas principais
Fonte: Adaptado pelos autores.

5 CONCLUSÃO

Com a realização dessa pesquisa bibliográfica foi possível discernir que o sistema de lubrificação centralizada é muito utilizado na área de manutenção industrial, trata-se de um sistema versátil que oferece muitas vantagens, uma vez que reduz, otimiza o a mão de obra do lubrificador e mantém o sistema mais confiável.

Os lubrificantes dos mancais de rolamento projetados são alguns dos métodos utilizados nos sistemas de lubrificação centralizada nas manutenções industriais. Tendo em vista o estudo realizado do lubrificante utilizado, observou-se que atende aos parâmetros exigidos do equipamento.

O estudo do rolamento aplicado, em função das exigências do equipamento, considerando o não funcionamento do sistema de refrigeração dos mancais, observou-se também, assim como o lubrificante o atendimento aos parâmetros exigidos.

Com uma possível retomada do sistema de refrigeração dos mancais por parte do setor de manutenção, estima-se uma queda na temperatura da pista externa do sistema do rolamento, gerando assim, um maior diferencial de temperatura entre as pistas de rolamento que a encontrada na memória de cálculo para a folga interna.

Em função desse novo diferencial estimado, o qual passou de 20 °C (sem refrigeração), para 50 °C (com refrigeração). Com a nova memória de cálculo em função do novo diferencial, observou-se que a folga interna do rolamento continua dentro da exigida em catálogo. Assim, mantendo o rolamento em condições de uso para essa aplicação.

No projeto com sistemas de lubrificação centralizada, o uso de linha dupla escolhida é aconselhável, devido o projeto visar explorar a lubrificação de todos os mancais de rolamento.

Foi muito relevante desenvolver este trabalho por ter sido possível buscar conhecimentos sobre o sistema de lubrificação centralizada. Dito que, o sistema de lubrificação é muito importante para qualquer área de manutenção industrial em que são empregadas máquinas que necessitam de lubrificação. Vale salientar que esse estudo não está acabado, na certa ficou como experiência, porém merece ser continuado, para que outros pesquisadores busquem a possibilidade de aprofundar

e melhorar este tipo de sistema, com a finalidade de reduzir o custo, tendo em vista que o que encarece o uso deste sistema é a necessidade de mão de obra específica para tal fim. Uma prática bem-sucedida, dispendo que o sistema é eficaz e eficiente.

Esse desenvolvimento aconteceu com base em informações coletadas em campo, durante visitas técnicas. As informações técnicas e de dimensões dos componentes do sistema de lubrificação centralizada para avaliação da montagem no físico, foram retiradas dos manuais EXIMPORT de acordo com os seguintes anexos:

ANEXO A – Catálogo da bomba.

ANEXO B – Catálogo do painel de comando e monitoramento.

ANEXO C – Catálogo dos distribuidores.

ANEXO D – Catálogo do gabinete de proteção

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Luiz Antônio. **Manual de Siderurgia**. Vol I. São Paulo: Produção, Editora Arte & Ciências, 2007.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J.K., **Elementos de Máquinas de Shigley**: Projeto de Engenharia”, McGraw Hill, 8ª edição, Porto Alegre, 2011.

CASAGRANDE, D. F. M.; OLIVEIRA, C. T.; Malfatti, C.C.F.; VEIT, H; M. **Estudo de camadas eletrodepositadas a partir de soluções livres de cianeto**. Fundação Gorceix. REM. Minas Gerais. 2010.

CETLIN, P. R.; HELMAN, H. **Fundamentos da Conformação**. Mecânica dos Metais. 2ª ed., 263 p. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

DIETER, G. **Metalurgia Mecânica**. 2. Ed. Tradução de Antônio S. de Souza. Luiz Henrique de Almeida e Paulo E. Valadão de Moranda. Rio de Janeiro Guanabara Koogon 1981. 653 p.

GERDAU. **Evolução das Tecnologias**. Disponível em <file:///C:/Users/Jorge/Downloads/aula_usp_compatibility_mode_.pdf>. Acesso em 10 de Julho de 2018.

LOUREIRO, F.G. e outros. In: XXXVII **SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO**. Anais. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Curitiba, Setembro 2000, 231- 239.

MACHADO , M. L. P. **Apostila de da matéria prima ao aço laminado**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo 2 da matéria prima ao aço laminado. 2006. Disponível em <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAgm30AH/apostila-siderurgia-materia-prima-ao-aco-laminado-202-paginas>>, Acesso em 10 de maio de 2018.

MOURÃO, M. B. **Introdução à Siderurgia**. ABM - Associação Brasileira de Metalurgia d Materiais, São Paulo, SP, Brasil, Second Edition. 2007

RIZZO, E. M. S. **Processos de Laminação de Produtos Longos de Aço**. São Paulo, ABM, 2008.

SCHELLE, Gustl. **Manual de procedimentos para utilização de tecnologia limpa na indústria galvânica**. Revisado por Haroldo A. Ponte. Curitiba. 1998. Série SIDEE nº 18.

SHIGLEY, J.E., "**Elementos de Máquinas. 2**", LTC, 1984.
ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. S. Instituto de Tecnologia do Paraná; Dossiê. Técnico. Galvanização Eletrolítica 2007.

GROOVER, MP.. **Fundamentals of modern manufacturing**. HOBOKEN: John Wiley e Sons, 1999. 1061p.

ANEXO A – CATÁLOGO DA BOMBA

EXIMPORT**Bomba Elétrica A-III NG**

30.705

Descrição

A **Bomba Elétrica A-III NG**, de pistão duplo é um projeto moderno e inteligente, indicado para múltiplas aplicações em sistemas progressivos ou linha dupla de óleo ou graxa, podendo ser montada com controlador e gabinete sobre base metálica.

As principais características da bomba são o reduzido tamanho e a versatilidade, pois a conversão para sistema linha dupla é efetuada de maneira simples e rápida com montagem do inversor hidráulico, elétrico ou pneumático diretamente no corpo da bomba, sem necessidade de tubulação auxiliar.

Outro detalhe construtivo que a torna confiável e eficiente é o emprego de dois pistões movimentados por um sistema de motoredutor externo, agilizando assim provável manutenção. O uso de dois pistões, um de recalque e outro piloto, operando sincronizadamente, eliminando a necessidade de molas e válvulas de retenção.

A bomba possui amplo reservatório com chave de nível mínimo e máximo. Quando utilizado com graxa, o reservatório é equipado com disco seguidor e através de uma coluna luminosa identificamos visualmente o nível mínimo. Uma válvula de alívio incorporada ao corpo da bomba protege o sistema no caso de eventual bloqueio.

Funcionamento

O motor elétrico aciona os dois pistões através do motoredutor, numa seqüência operacional que dá ao pistão principal a função de aspiração e recalque e ao piloto de vedar furos de comunicação para evitar o refluxo do lubrificante na fase de aspiração.

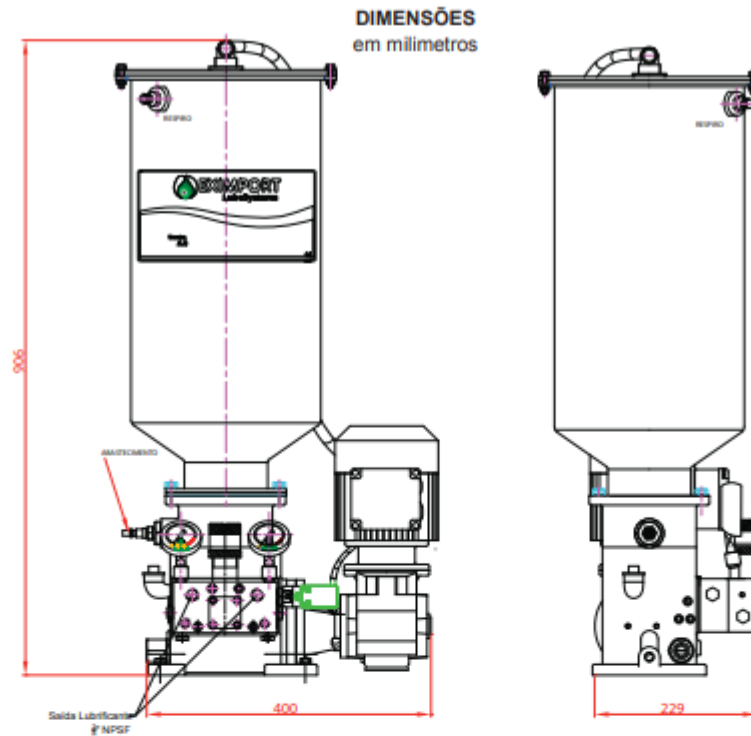
Quando usada em sistemas progressivos, o fluxo de descarga da bomba é unidirecional. Em sistemas de linha dupla, existe retorno para alívio da linha de pressão do sistema ao término de cada meio ciclo de operação, esse retorno se processa através do Inversor hidráulico, elétrico ou pneumático acoplado à bomba.

A frequência dos ciclos de lubrificação é controlada por um controlador que liga a bomba a intervalos predeterminados. O desligamento é automático e ocorre quando uma chave de contato montada no distribuidor de controle (sistema progressivo) ou no inversor hidráulico (sistema linha dupla) for atuada no final do ciclo.

**Especificações**

Lubrificante	Óleo ou Graxa NLGI-2
Pressão Máxima	Até 210 bar
Pressão de Alívio	Até 220 bar
Vazão	130 cm ³
Potência	0,5 cv
Tensão	220/380 Vca 440 Vca
Corrente	2,07 / 1,20 A 0,935 A
Frequência	50 ou 60 Hz
Grau de Proteção	IPW 55
Chave de nível	Mínimo Máximo

Lubrificante	Óleo ou Graxa NLGI-2
Pressão Máxima	Até 350 bar
Pressão de Alívio	Até 360 bar
Vazão	130 cm ³
Potência	1,0 cv
Tensão	220/380/440 Vca
Corrente	2,91/1,68/1,46 A
Frequência	50 ou 60 Hz
Grau de Proteção	IPW 55
Chave de nível	Mínimo Máximo



Informações de Compra

Bomba Elétrica A-III NG

Lubrificante		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Graxa	- G						
Óleo	- O						
Inversor		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sem	- O						
Loop	- L						
Fim de linha	- F						
Elétrico	- E						
Pneumático	- P						
Tensão do Motor		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
220/380 Vca	- 3						
440 Vca	- 4						
Frequência		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50 Hz	- 5						
60 Hz	- 6						
Gabinete		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sem	- SG						
Com	- CG						
Reservatório		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metálico	- RM30						
Polietileno	- RP30						
Metálico	- RM60						
Polietileno	- RP60						
Pressão de Trabalho		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Até 210 bar	- 0						
Até 350 bar	- 1						

Catalogos Adicionais

Inversor Hidráulico -	30.251
Inversor Elétrico -	30.253
Inversor Pneumático -	50.290
Gabinete -	60.700

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br



ANEXO B – CATÁLOGO DO PAINEL DE COMANDO E MONITORAMENTO.

EXIMPORT Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG

40.375

Descrição

O **Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG**, é uma unidade projetada para comandar, monitorar e sinalizar o funcionamento de sistemas centralizados de lubrificação que utilizam bombas motorizadas.

O painel é composto de controlador lubeControl-NG, transformador, disjuntor- motor, contator principal e disjuntores de proteção. Montado em caixa de aço carbono, pintura padrão fabricante.

O painel, programa o número de ciclos de lubrificação e monitora continuamente o funcionamento do sistema sinalizando a condição de operação.

Um sistema de lubrificação típico comandado por um painel de acionamento e proteção consiste de uma bomba motorizada, um reservatório de lubrificante e uma rede de distribuidores (válvulas hidráulicas de dosagem).

Nos sistemas cíclicos, ao ser energizado ou quando do início de um ciclo de lubrificação programado o painel liga a bomba (indicado através do sinalizador "lubrificando") e aguarda um sinal elétrico de ciclo completado, gerado pelo fluxo do lubrificante sob pressão, através de uma chave de ciclos acoplada no distribuidor de controle (sistema progressivo) ou no inversor hidráulico (sistema linha dupla) ou ainda por uma chave de pressão fim de linha (sistema linha dupla com inversor elétrico). Quando o sinal elétrico de ciclo completado é recebido no tempo programado, o painel desliga a bomba (indicado através do sinalizador "lubrificado") e inicia a contagem do intervalo, por tempo ou impulsos da máquina.

A falta do sinal ativa o circuito de defeito indicando falha na lubrificação através do sinalizador "defeito". Se o reservatório de lubrificante possuir chaves de níveis **mínimo** e **máximo** com reabastecimento automático, quando a chave de nível mínimo for atuada será indicado através do sinalizador "nível mínimo" e ligará uma saída para ativar uma válvula solenóide de uma bomba de reabastecimento automático (indicado através do sinalizador "reabastecendo"). Quando a chave de "nível máximo" for acionada, essa saída será desligada e indicará que o reservatório de lubrificante foi reabastecido (indicado através do sinalizador "nível máximo").

Se o sistema for desenergizado, o painel memoriza a programação estabelecida e quando reenergizado completa essa programação. O sistema pode ser ligado remotamente através de CLP.

Caso haja necessidade de pré-lubrificação deve ser acionado manualmente através da tecla "manual" no controlador. Esta tecla deve permanecer pressionada durante todo o tempo necessário para a pré-lubrificação.

Dados Técnicos

Alimentação: 220/380/440 Vca 10% , 50/60 hz.

Consumo: Lubcontrol 50 -100 ma (fonte chaveada)

Temperatura de armazenagem: -10 a 50°C

Temperatura de trabalho: 0 a 50°C

Corrente máx. de saída: 3 A -250 Vca

Proteção: Caixa de aço IP54

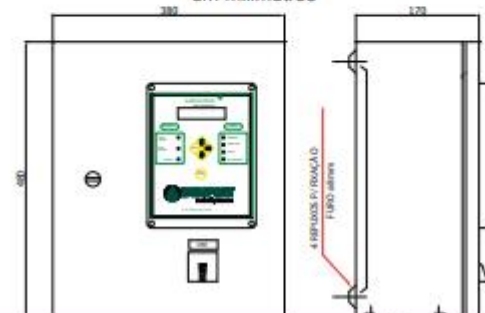


Programação

O projeto do **Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG**, considerou todas as necessidades de um sistema de lubrificação com bomba motorizada. A programação é efetuada com facilidade através do sistema de interface, podendo-se alterar o **Ciclo de Lubrificação**, o **Intervalo**, **Tempo de Bloqueio** por falta de abastecimento, **Retardo da Pulverização**, **Monitoragem** e **Operação do Sistema Completo** (sistema progressivo e linha dupla com inversor hidráulico) ou **Meio Ciclo** (sistema linha dupla com inversor elétrico), **Pressão Baixa ou Alta**. A partir do conhecimento do volume de lubrificante que as máquinas ou equipamentos requerem e as frequências de aplicação, modificações nos parâmetros de programação poderão ser feitas no campo ou através de interface com CLP usando-se protocolo de comunicação em "Modbus" ou ainda "Profibus", através de acessórios extras, conforme tecnologia disponível no mercado.

O painel detecta a falta de lubrificante (nível mínimo) alta ou baixa pressão, resultantes de bloqueio ou ruptura na tubulação. Disponibiliza sinais digitais para interface com CLP de sistema "Lubrificando", "Defeito", "Lubrificado", "Nível Mínimo", "Pressão Alta" ou "Pressão Baixa".

DIMENSÕES em milímetros



Jul 10

Definição

Intervalo: Tempo ou número de impulsos da máquina que separa dois ciclos de lubrificação.

Ciclo de lubrificação: Tempo programável dentro do qual o sistema cicla uma ou mais vezes para fornecer a quantidade de lubrificante requerida para os pontos.

Ciclo do sistema: Ciclo completo de um distribuidor, de um inversor ou de um pressostato (conforme o tipo de sistema), Evidenciado por um movimento completo de um indicador ou de uma seqüência completa de uma abertura fechamento de um contato elétrico.

Tempo de Ciclo: período não programável (somente estimado) para a realização de um ciclo do sistema, gerando um sinal elétrico.

Monitorarem: tempo programável ou foco dentro do qual um ciclo do sistema precisa ser realizado.

Programação por tempo: estabelece em minutos o intervalo entre os ciclos de lubrificação e a duração do período de monitorarem.

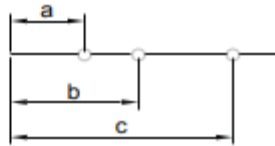
Programação por impulsos: estabelece o intervalo em termos de movimentos cíclicos da máquina. A monitorarem é determinada por tempo.

Especificações Básicas

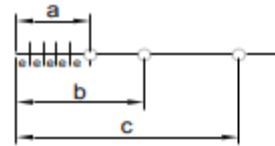
Literatura adicional disponível para todos os modelos			Tensão de alimentação		Programação								Sinalizações						Utilização	
Mod	Referência	Execução	Comando	Motor	Programação	Escala	Horizontem	Esala	Odos	Esala	Redido	Tempo de ciclo	Liga manual	Lubrifiab	Operando	Defeito	Pressão	Nvel mínimo		Wash/Alarm
PAP-NG1	678.605.440	Gabinete metálico	120V 50/60Hz-20	440V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●
PAP-NG2	678.605.450	Gabinete metálico	220V 50/60Hz-20	440V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●
PAP-NG3	678.605.380	Gabinete metálico	120V 50/60Hz-20	380V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●
PAP-NG4	678.605.390	Gabinete metálico	220V 50/60Hz-20	380V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●
PAP-NG5	678.605.120	Gabinete metálico	120V 50/60Hz-20	220V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●
PAP-NG6	678.605.220	Gabinete metálico	220V 50/60Hz-20	220V 50/60Hz-30	1 a 9999	min. ou Imp.	1 a 9999	min.	1 a 9999	Ciclo	□	○	●	●	●	●	●	●	●	●

- Disponível
- Não Disponível

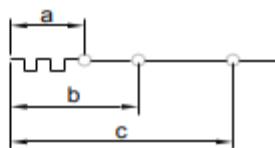
Exemplos de seqüência funcional



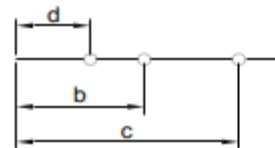
Sistema progressivo c/ bomba motorizada ou pneumática sem reciclo
 a- Tempo de ciclo
 b- Tempo de monitoragem
 c- Intervalo (tempo de impulso)



Com ciclos contínuos do sistema
 a- Tempo de ciclo
 b- Tempo de monitoragem
 c- Intervalo (tempo de impulso)
 d- Ciclos contínuos



Sistema progressivo c/ bomba pneumática sem reciclo
 a- Tempo de ciclo
 b- Tempo de monitoragem
 c- Intervalo (tempo de impulso)



Sistema twice stroke c/ bomba pneumática sem reciclo
 d- Tempo de 1/2 ciclo
 b- Tempo de monitoragem
 c- Intervalo (tempo de impulso)

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

Cas: Tempo de monitoragem (b) e intervalo (c), caso contrário sistema entra em "FALHA".

<p>EXIMPORT Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59 04744-000 • São Paulo • SP • Brasil Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778 e-mail: vendas@eximport.com.br site: www.eximport.com.br</p>	
---	--

ANEXO C – CATÁLOGO DOS DISTRIBUIDORES.

EXIMPORT

Distribuidores Linha Dupla BM

10.403

Descrição

Os **Distribuidores Linha Dupla BM**, são válvulas compactas de aço, projetadas para funcionar com óleo ou graxa em todos os tipos de sistema de lubrificação linha dupla.

De operação totalmente hidráulica e sem válvulas de retenção, o distribuidor BM é constituído de 1 até 10 elementos modulares fixados em subplacas. Cada elemento modular pode atender a 1 ou 2 pontos de lubrificação e possui um indicador com haste de aço inoxidável para comprovação visual do seu funcionamento.

Os módulos são fabricados em duas séries, com deslocamento regulável por ciclo de trabalho, o que torna desnecessária a utilização de séries menores. A regulagem é feita por parafuso existente na parte superior do indicador, alterando igualmente as 2 saídas do elemento duplo ou individualmente quando convertido para saída única.

As subplacas são fornecidas com 2 saídas para cada elemento modular. Sendo necessária apenas 1 saída, seja para se obter um número ímpar de pontos ou para dobrar o deslocamento máximo, um parafuso seletor interno precisa ser removido e uma das saídas deve ser fechada.

O emprego deste distribuidor reduz consideravelmente o custo de manutenção e o inventário de peças de reposição. No caso de falha, somente o módulo danificado é rápida e facilmente substituído, pois a tubulação é fixada na subplaca. Com os distribuidores convencionais, ao contrário, é necessário remover toda a tubulação e, eventualmente pela falha de apenas 1 elemento, inutilizar toda a peça. É uma operação de execução demorada e sobretudo onerosa.

Os distribuidores BM servem para reposição dos distribuidores convencionais de qualquer fabricante.

Características

- Fácil e rápida substituição de módulos
- Grande flexibilidade
- Continuidade operacional

Especificações

Lubrificantes		Óleo ou Graxa		
Pressões de Trabalho		Mínimo: 15 bar		
		Máximo: 300 bar		
Temperatura		Máximo: 90°C		
Modelos	Nº de Módulos	Saída	Capacidade (cm ³)	Peso (Kg)
BM - 1	1	1 ou 2	02 a 1,2 (módulo 30)	1,660
BM - 2	2	2 a 4		2,920
BM - 3	3	3 a 6		4,380
BM - 4	4	4 a 8		5,840
BM - 5	5	5 a 10	1,2 a 5,0 (módulo 50)	7,000
BM - 6	6	6 a 12		8,320
BM - 7	7	7 a 14		9,750
BM - 8	8	8 a 16		11,120
BM - 9	9	9 a 18		12,500
BM - 10	10	10 a 20		13,950



Funcionamento

A construção básica do distribuidor modelo BM é mostrada no desenho. Cada elemento possui um pistão de controle e um de injeção.

O curso do pistão de controle é fixo e o de injeção limitado pelo parafuso de regulagem através da haste.

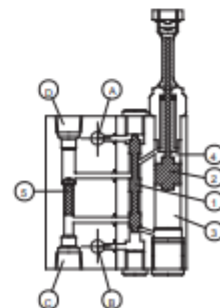
Durante a operação do distribuidor, o lubrificante sob pressão entra pelo pòrtico (A) e força o pistão de controle (1) para baixo, permitindo que a pressão seja aplicada na parte superior do pistão de injeção (2).

Movendo-se para baixo sob pressão, esse pistão força o lubrificante para fora da câmara (3) através do pistão de controle em direção à saída (C).

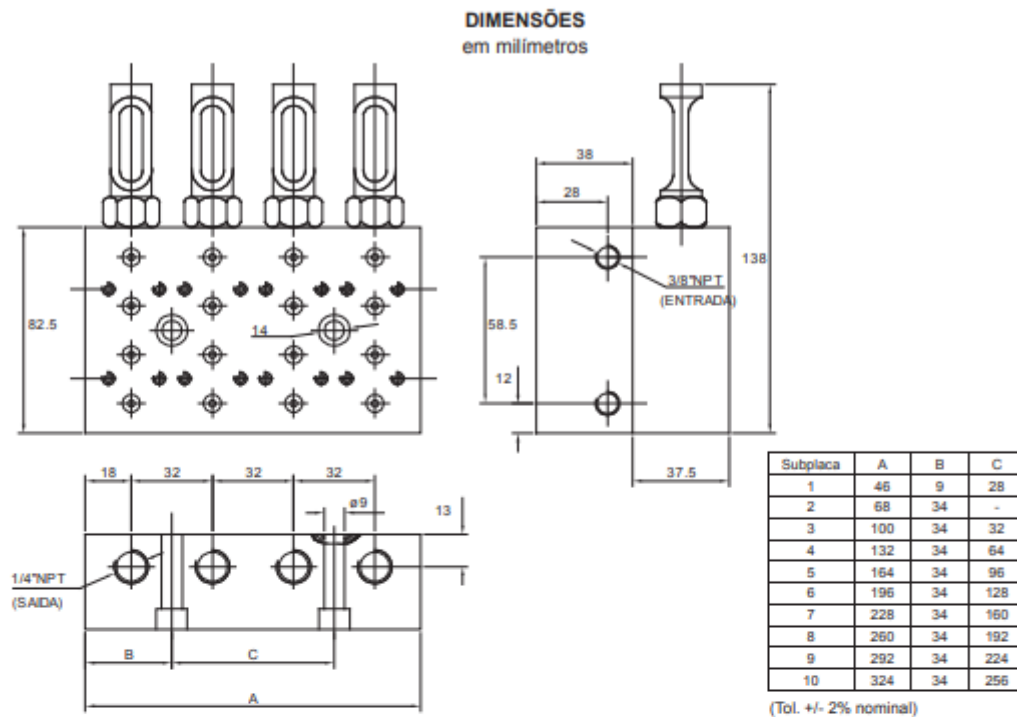
Durante esse meio ciclo do distribuidor, a câmara superior do pistão de injeção foi alimentada para a próxima operação.

Quando a pressão da linha superior é aliviada, o lubrificante pressurizado entra no distribuidor pelo pòrtico (B) e a operação se repete na outra direção: o pistão de controle é forçado para cima, permitindo que a pressão seja aplicada na parte inferior do pistão de injeção. Este move-se para cima e força o lubrificante para fora de sua câmara (4). O lubrificante passa pela parte superior do pistão de controle (1) e é injetado no ponto de lubrificação através da saída (D).

Para converter em saída simples, o parafuso (5) deverá ser retirado, colocando em comunicação as saídas (C) e (D). Para operar normalmente, uma delas precisa ser fechada.



Jun 10



Informações de compra

Modelos	Série	Referência				
		30 NPT	30 BSPT	50 NPT	50 BSPT	
BM - 1	620.031.000	620.231.000	620.051.000	620.251.000	-	
BM - 2	620.032.000	620.232.000	620.052.000	620.252.000	-	
BM - 3	620.033.000	620.233.000	620.053.000	620.253.000	-	
BM - 4	620.034.000	620.234.000	620.054.000	620.254.000	-	
BM - 5	620.035.000	620.235.000	620.055.000	620.255.000	-	
BM - 6	620.036.000	620.236.000	620.056.000	620.256.000	-	
BM - 7	620.037.000	620.237.000	620.057.000	620.257.000	-	
BM - 8	620.038.000	620.238.000	620.058.000	620.258.000	-	
BM - 9	620.039.000	620.239.000	620.059.000	620.259.000	-	
BM - 10	620.040.000	620.240.000	620.060.000	620.260.000	-	
MÓDULO 30	-	-	-	-	620.036.100	
MÓDULO 50	-	-	-	-	620.056.100	

NOTA: Parafusos de fixação de subplaca: cabeça redonda sext. interno 5/16" x 1 3/4" não inclusos.

Literatura Adicional:
manual do Produto - nº 50.403
Instruções Gerais do Sistema - nº 60.200

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br



ANEXO D – CATÁLOGO DO GABINETE DE PROTEÇÃO

EXIMPORT Gabinete de Proteção Eximport GP

60.700

Descrição

Os **Gabinetes de Proteção Eximport GP**, foram desenvolvidos para atender a necessidade das indústrias em geral, com objetivo principal de proteger e proporcionar uma vida útil maior dos equipamentos, voltados para executar lubrificação, nas diferentes aplicações e situações.

Uma das características de grande destaque é o tamanho compacto e a capacidade de proteção que oferecem as bombas, reservatórios e painéis.

Projeto de concepção simples e robusto, onde pode ser previamente considerado em novos projetos e nos já existentes acomodando-os com grande facilidade.

Os gabinetes são desenvolvidos com uma ou duas portas conforme especificado abaixo, maçanetas, possui uma borracha esponjosa específica para executar a vedação e assegurar a impermeabilização deste gabinete.

São fornecidos em diferentes tamanhos cada um em função das diferentes bombas e reservatórios da unidade.



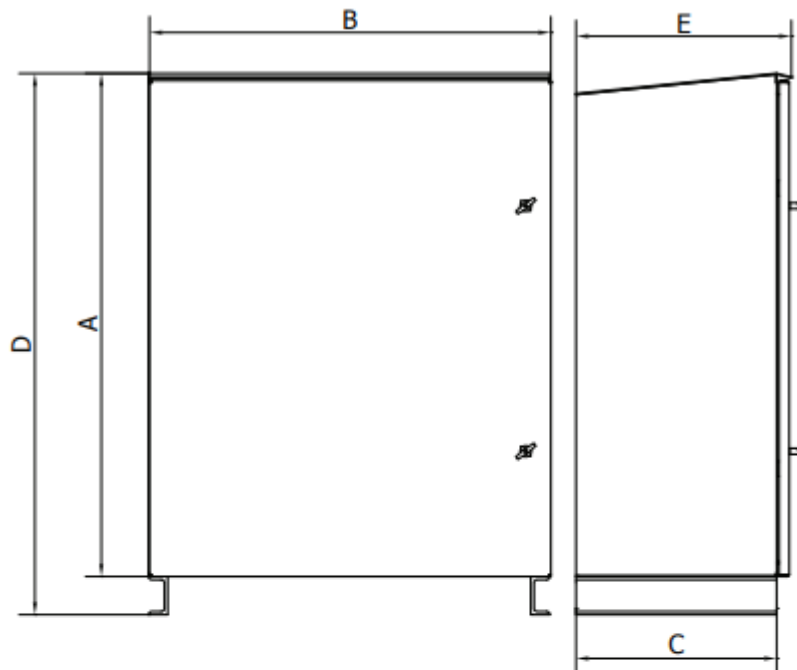
Especificações

Estrutura		Aço Carbono
Proteção		IP-65
Peso	GP-10	48 Kg
	GP-15	56 Kg
	GP-30	62 Kg
	GP-60	110 Kg
	GP-120	170 Kg



Ago 10

DIMENSÕES
em milímetros



GABINETE	COTAS (mm)				
	A	B	C	D	E
GP-10	800	600	400	880	450
GP-15	800	800	400	880	450
GP-30	1000	800	400	1080	450
GP-60	1100	1000	600	1180	650
GP-120	1000	1600	400	1080	450

TOL. ± 5% DA NOMINAL

Informação de Compra

Gabinete	Referencia
GP – 10	678.115.354
GP – 15	678.115.353
GP – 15 (*)	678.115.363
GP – 30	678.115.352
GP – 30 (*)	678.115.362
GP – 60 (*)	678.115.355
GP – 120 (*)	678.115.356

(*) Duas portas

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br

