

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

RENATO EMANUEL DIAS CALDAS

THAINÁ DE ALMEIDA DIAS

VINÍCIUS DOS SANTOS PEREIRA

**DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE ACIONAMENTO MOTOREDUTOR PARA  
MÁQUINA DE TREFILAÇÃO**

VOLTA REDONDA - RJ

2019

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

**DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE ACIONAMENTO MOTOREDUTOR PARA  
MÁQUINA DE TREFILAÇÃO**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Volta Redonda – Unifoa como sendo um requisito para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Alunos: Renato Emanuel Dias Caldas

Thainá de Almeida Dias

Vinícius dos Santos Pereira

Orientador: Prof. Alexandre Fernandes Habibe.

VOLTA REDONDA - RJ

2019

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

RENATO EMANUEL DIAS CALDAS

THAINÁ DE ALMEIDA DIAS

VINÍCIUS DOS SANTOS PEREIRA

### **DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE ACIONAMENTO MOTOREDUTOR PARA MÁQUINA DE TREFILAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito parcial para obtenção de Certificado de conclusão do Curso de Graduação.

Orientador: Prof. Alexandre Fernandes Habibe.

V. Redonda, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Alexandre Fernandes Habibe

---

Prof. Alexandre Alvarenga Palmeira

---

Prof. Rui Aurélio Barbosa

Dedicamos este trabalho para as nossas famílias por todo apoio e compreensão nesses anos de graduação.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradecemos a Deus pelo dom da vida e pela saúde.

Agradecemos aos nossos pais e familiares por todo o amor, apoio e incentivo em todos os momentos das nossas vidas.

Aos mestres que passaram pelo nosso caminho.

Aos nossos amigos e colegas de classe, agradecemos por passarem esta fase tão importante ao nosso lado.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, muito obrigada.

*“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”*

(Augusto Cury)

## RESUMO

Este projeto baseia-se no estudo realizado para uma indústria de pneus em um conjunto de máquina trefiladora e visa alcançar um melhor desempenho. Polias e correias têm o seu uso bem disseminado nos meios produtivos por atenderem os aspectos de baixo custo de implantação e eficiência em transportes em geral. A maneira com que elas reproduzem torque e potência se torna atrativa para segmentos, porém suas limitações e instabilidade para grandes forças limitam seu uso em projetos que exigem uma maior estabilidade e transmissão de grandes potências. Os motoredutores são soluções que se adequam a diversos usos e, por isso, acabam tendo um grande apelo no meio industrial no que se refere à reprodução e necessidade de se promover torque e potência. As etapas realizadas vão desde um estudo sobre elementos de máquinas, geralmente utilizados nesses sistemas, até plano de manutenção e custos. Foi desenvolvida uma solução capaz de atender a novas expectativas relativas à produção e ao custo operacional. Na prática, os resultados obtidos foram satisfatórios e pactuam com uma gestão eficiente de recursos e boas práticas de manutenção. Em um ambiente competitivo é necessário inovar e buscar melhoria contínua e este estudo trouxe um projeto que, uma vez implantado, pode trazer vários benefícios e vir a se tornar um modelo para operações similares que visam estar à frente no mercado. Portanto, a análise e constatação de uma falha podem ser encaradas como oportunidade para melhoria e aprimoramento se baseados em estudos e critérios direcionados à solução e inovação.

**Palavras-chave:** Trefiladora. Motoredutores. Manutenção. Custos.

## **ABSTRACT**

The herein paper is based on a study developed for a tire manufacturer and it encompassed drawing machine so as to achieve a better performance. Being highly applied on the production sectors for satisfying the aspects of low implementation costs and high efficiency in terms of general transportation. The manner in which pulleys and belts reproduce torque and power has proven to be interesting for such segment. However, their constraints and instability when it comes to a greater power set their application limits in projects that require greater stability and transmission of greater power. The use of gearmotors is a solution that fits a number of usages, hence being highly appealing to the industrial segment in terms of reproducing and promoting torque and power. The accomplished steps go from the study of the machine elements which are usually applied in such systems up to the maintenance plan and related costs. A solution was developed so as to meet the new expectations concerning productivity and operational costs. After the deployment, the achieved results were deemed as satisfactory and go a long way with an efficient resource management and with maintenance best practices. In a competitive environment one must innovate and seek for continuous improvement, and that is what this paper is about. Once deployed, the project might bring a number of benefits, hence becoming a model for similar operations which aims at being one step ahead of the market. Therefore, based on studies, the thorough analysis and findings of a flaw can be faced as an opportunity for improvement and advance once those are based on solution and innovation. Therefore, the analysis and finding of a failure can be seen as an opportunity for improvement and improvement based on studies and criteria directed to solution and innovation.

**Key words:** Drawing Machine. Gearmotors. Maintenance. Costs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema correia/polia.....	19
Figura 2 – Desenho esquemático do processo de trefilação.....	21
Figura 3 – Máquina de trefilar sem deslizamento.....	24
Figura 4 – Máquina de trefilar com deslizamento.....	25
Figura 5 – Máquina de trefilação sem fieira .....	26
Figura 6 – Polia .....	27
Figura 7 – Exemplo didático de polia fixa.....	28
Figura 8 – Exemplo didático de polia móvel.....	28
Figura 10 – Exemplo didático de talha .....	29
Figura 11 – Exemplo de correia .....	30
Figura 12 – Correia em V.....	30
Figura 13 – Correia plana.....	31
Figura 14 – Correia universal .....	32
Figura 15 – Correia sincronizadora com revestimento.....	32
Figura 16 – Engrenagens cilíndricas de dentes retos acoplados .....	33
Figura 17 – Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais.....	34
Figura 18 – Engrenagem cônica com dentes retos acoplados.....	34
Figura 20 – Exemplo de eixo de transmissão.....	36
Figura 21 – Eixo maciço.....	37
Figura 22 – Eixo roscado .....	37
Figura 23 – Acoplamento rígido .....	39
Figura 24 – Acoplamento elástico .....	40
Figura 25 – Acoplamento de engrenagens .....	40
Figura 26 – Exemplos de elementos de máquinas.....	41
Figura 27 – Exemplos de juntas de borrachas .....	42
Figura 28 – Exemplos de juntas de papelão .....	42
Figura 29 – Anéis de borracha O’ring.....	43
Figura 30 – Exemplos de juntas metálicas.....	43
Figura 31 – Papel velumóide para juntas .....	44
Figura 32 – Juntas de teflon.....	44
Figura 33 – Junta de vedação de cortiça .....	45

Figura 34 – Juntas de Amianto.....	45
Figura 35 – Exemplo de Retentor.....	46
Figura 36 – Exemplos de gaxetas.....	46
Figura 37 – Selos mecânicos.....	47
Figura 38 – Junta soldada.....	48
Figura 39 – Dobradiças automáticas.....	48
Figura 40 – Sistema de amortecimento veicular.....	48
Figura 41 – Perfis de parafusos.....	49
Figura 42 – Parafuso de cabeça escareada.....	50
Figura 43 – Parafusos de cabeça redonda.....	50
Figura 44 – Parafuso de cabeça abaulada.....	51
Figura 45 – Um parafuso prisioneiro aplicado a duas superfícies.....	51
Figura 46 – Parafuso Allen.....	51
Figura 47 – Parafusos de Fundação.....	52
Figura 48 – Porca tipo castelo em vista superior e lateral com e sem trava.....	52
Figura 49 – Porca cega.....	53
Figura 50 – Porca borboleta.....	53
Figura 51 – Contraporca travando a primeira porca.....	53
Figura 52 – Rosca externa, interna e filete.....	54
Figura 53 – Demonstração do passo e o ângulo da hélice da rosca.....	55
Figura 54 – Mancal de deslizamento.....	56
Figura 55 – Mancais de rolamento.....	57
Figura 56 – Mancal hidrodinâmico.....	57
Figura 57 – Mancal especial de teste hidrostático.....	58
Figura 58 – Aplicação: mesa redonda aerostática com acionamento direto.....	58
Figura 59 – Componentes de um rolamento.....	59
Figura 60 – Exemplo de rolamento de esfera.....	60
Figura 61 – Exemplo de rolamento de rolete com gaiolas de agulhas.....	61
Figura 62 – Exemplo de rolamento auto compensadores.....	61
Figura 63 – Rolamento agulha SCE1010 – Site Loja Máxima.....	62
Figura 64 – Princípio de Funcionamento Motor CC.....	63
Figura 65 – Exemplo de motor de corrente contínua.....	64
Figura 66 – Estator.....	64

Figura 67 – Rotor .....	65
Figura 68 – Motor elétrico por indução .....	65
Figura 69 – Motor elétrico síncrono .....	66
Figura 70 – Exemplo de caixa redutora de velocidade.....	67
Figura 71 – Inversor de frequência.....	68
Figura 72 – Exemplo da curva característica de uma rampa de aceleração.....	69
Figura 73 – Modelo de Custo x Tempo de Manutenção em Ativos.....	76
Figura 74 – Exemplos de modos de falha (Eixo Y: falha e Eixo X: tempo) .....	78
Figura 75 – Matriz de Risco.....	79
Figura 76 – Os 8 Pilares da TPM .....	79
Figura 77 – Orçamento de OPEX.....	84
Figura 78 – Adequação NR12.....	85
Figura 79 – Fluxograma do projeto .....	87
Figura 80 – Placa com informações do motor elétrico .....	88
Figura 81 – Conjunto motor elétrico e caixa de polias e correias.....	93
Figura 82 – Motoredutor modelo F97 DRN180LP4 .....	97
Figura 83 – Acoplamento tipo GC02 .....	98
Figura 84 – Vista superior do conjunto máquina trefiladora com motoredutor – Elaborado pelos autores .....	99
Figura 85 – Gráfico do custo com a operação do sistema atual.....	102
Figura 86 – Projeção do próximo ano com motoredutor .....	102
Figura 87 – Projeção de 5 anos com o uso do novo equipamento.....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos mais comuns de arruelas.....	54
Tabela 2 – Despesas com o equipamento .....	100
Tabela 3 – Preventiva trimestral.....	104
Tabela 4 – Preventiva Anual .....	105

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

° C – Graus Celsius

Mm – Milímetro

P – Passo

A – Área de seção

Z – Deformação

Lf – Comprimento final

Li – Comprimento inicial

HRC – Dureza Rockwell

$\alpha$  – Ângulo da hélice

Vcc - Voltagem em corrente contínua

% - Por cento

CA – Corrente alternada

FTA - Fault Tree Analysis

TPM – Manutenção Produtiva Total

NR – Norma Regulamentadora

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

RPM – Rotações por minuto

T – Torque

$\Omega$  – Velocidade angular

$P$  – Potência

$n_1$  – Rotação da polia motora

$n_2$  – Rotação da polia movida

$D_1$  – Diâmetro da polia motora

$D_2$  – Diâmetro da polia movida

$V$  – Velocidade Linear

$R$  – Raio do cabrestante

$N_s$  – Rotação de saída do conjunto

$T_{max}$  – Torque máximo

$I_p$  – Corrente de pico

$i_{mr}$  – Relação de transmissão

$N_e$  – Rotação de entrada

$N_s$  – Rotação de saída

$C_m$  – Custo de mão de obra

$t$  – Tempo de manutenção

$HH$  – Custo da hora dos deparadores

$C_p$  – Custo perdido na manutenção

$t_i$  – Tempo de inatividade da máquina

$C_{kg}$  – Valor do quilo do fio

$P_d$  – Produção por hora da máquina

SI – Sistema internacional de unidades

MTBF - Mean Time Between Failures

FTA - Fault Tree Analysis

FMEA – Análise de Modos de falhas e Efeitos

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	19
1.1 Objetivo Geral .....	20
2. Revisão Bibliográfica .....	21
2.1 O que é trefilação? .....	21
2.1.1 Lubrificação .....	22
2.1.2 Vantagem do processo de trefilação .....	23
2.1.3 Processo de trefilação sem deslizamento .....	23
2.1.4 Processo de trefilação com deslizamento .....	24
2.1.5 Processo da máquina sem fieira .....	25
2.2 Elementos de Máquina.....	26
2.2.1 Elemento de Transmissão .....	26
2.2.1.1 Polias .....	27
2.2.1.1.1 Polia Fixa .....	27
2.2.1.1.2 Polia Móvel .....	28
2.2.1.1.3 Polias Cadernais.....	29
2.2.1.1.4 Talha.....	29
2.2.1.2 O que são correias? .....	30
2.2.1.2.1 Correia em V.....	30
2.2.1.2.2 Correias Planas .....	31
2.2.1.2.3 Correias Dentadas.....	31
2.2.1.2.4 Correias Sincronizadoras com Revestimento.....	32
2.2.1.3 Engrenagens .....	33
2.2.1.3.1 Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos .....	33
2.2.1.3.2 Engrenagem Cilíndrica de Dentes Helicoidais.....	34
2.2.1.3.3 Engrenagem Cônica com Dentes Retos.....	34
2.2.1.3.4 Engrenagem Bi-Helicoidal .....	35
2.2.1.4 Eixos .....	35
2.2.1.4.1 Eixos Maciços.....	37
2.2.1.4.2 Eixos Roscados .....	37
2.2.1.5 Acoplamentos .....	37
2.2.1.5.1 Tipos de Acoplamento .....	38

2.2.1.5.1.1 Rígido ou fixos .....	39
2.2.1.5.1.2 Flexíveis ou Elásticos .....	39
2.2.1.5.1.3 Engrenagens .....	40
2.2.2 Elementos de Vedação.....	41
2.2.2.1 Juntas de Borracha.....	42
2.2.2.2 Juntas de Papelão .....	42
2.2.2.3 Anéis de Borracha (O'ring) .....	43
2.2.2.4 Juntas Metálicas .....	43
2.2.2.5 Velumóides .....	44
2.2.2.6 Juntas de Teflon .....	44
2.2.2.7 Juntas de Cortiça.....	45
2.2.2.8 Juntas de Amianto .....	45
2.2.2.9 Retentores .....	46
2.2.2.10 Gaxetas .....	46
2.2.2.11 Selos Mecânicos.....	47
2.2.3 Elementos de Fixação .....	47
2.2.3.1 Parafusos.....	49
2.2.3.2 Porcas.....	52
2.2.3.3 Arruelas .....	54
2.2.3.4 Roscas.....	54
2.2.4 Elementos de Apoio .....	55
2.2.4.1 Mancais .....	55
2.2.4.1.1 Mancal de Escorregamento .....	56
2.2.4.1.2 Mancal de Rolamento .....	56
2.2.4.1.3 Mancal Hidrodinâmico .....	57
2.2.4.1.4 Mancal Hidrostático .....	57
2.2.4.1.5 Mancal Aerostático .....	58
2.2.4.2 Rolamentos.....	58
2.2.4.2.1 Rolamentos de Esferas.....	59
2.2.4.2.2 Rolamentos de Roletes.....	60
2.2.4.2.3 Auto Compensadores .....	61
2.2.4.2.4 Rolamento de Agulha .....	62
2.2.5 Sistema Motoredutor .....	62

2.2.5.1 Motores elétricos .....	63
2.2.5.1.1 Motor elétrico de corrente contínua .....	63
2.2.5.1.2 Motor de corrente alternada.....	64
2.2.5.1.2.1 Motor elétrico por indução (assíncrono).....	65
2.2.5.1.2.2 Motor elétrico síncrono .....	66
2.2.5.2 Caixa redutora com engrenagens.....	66
2.2.5.3 Inversor.....	68
2.2.5.3.1 Rampa de aceleração.....	69
2.2.6 Manutenção Geral .....	70
2.2.6.1 Gestão da Manutenção.....	70
2.2.6.2 Tipos de Manutenção .....	71
2.2.6.2.1 Manutenção Corretiva (Programada e Não Programada) .....	71
2.2.6.2.2 Manutenção Corretiva Não Programada .....	71
2.2.6.2.3 Manutenção Corretiva Programada.....	72
2.2.6.2.4 Manutenção Preventiva .....	72
2.2.6.2.5 Manutenção Preditiva .....	73
2.2.6.2.6 Manutenção Detectiva .....	74
2.2.6.2.7 Engenharia de Manutenção.....	75
2.2.6.2.8 Comparativo .....	76
2.2.6.2 Concepções de Manutenção .....	77
2.2.6.2.1 MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade.....	77
2.2.6.2.2 RBM – Manutenção Baseada no Risco .....	78
2.2.6.2.3 TPM – Manutenção Produtiva Total .....	79
2.2.7 Custos .....	81
2.2.7.1 Custos diretos.....	82
2.2.7.2 Custos Indiretos.....	82
2.2.7.3 Custo Induzido.....	83
2.2.7.4 CAPEX e OPEX.....	83
2.2.7.4.1 CAPEX.....	83
2.2.7.4.2 OPEX.....	83
2.2.8 Normas Regulamentadoras.....	84
2.2.8.1 NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos .....	84
3. Metodologia.....	86

3.1 Metodologia do dimensionamento.....	87
4. Análise e Resultados.....	93
4.1 Memória de Cálculo.....	93
4.1.1 Rotação de Saída.....	93
4.1.2 Velocidade Angular.....	94
4.1.3 Velocidade Linear.....	95
4.1.4 Relação de Transmissão.....	95
4.1.5 Torque.....	95
4.1.6 Torque Máximo.....	96
4.2 Motoredutor.....	96
4.3 Acoplamento.....	98
4.4 Custo do Novo Equipamento.....	99
4.5 Custos de manutenção corretiva.....	99
4.5.1 Despesas por HxH.....	100
4.5.2 Perda com produção.....	100
4.5.3 Gasto com Peças de Reposição.....	101
4.5.4 Perda total.....	101
4.6 Análises do projeto.....	101
4.7 Preventivas do sistema.....	103
5. Conclusão.....	106
6. Referências.....	107
ANEXO A – CATÁLOGO PARA SELEÇÃO DO MOTOREDUTOR (SEW).....	111
ANEXO B – CATÁLOGO DE SELEÇÃO DO ACOPLAMENTO DE ENGRENAGENS (PTI CORP).....	112

## 1. Introdução

Uma máquina trefiladora tem como função reduzir a seção transversal de um fio tracionando-o através de feiras e/ou roletes, esse processo normalmente é realizado em várias etapas a fim de diminuir os efeitos de desgaste em ferramentas como feiras, cabrestantes e elementos de máquinas, e até mesmo uma deformação no fio ou uma alteração nas suas características mecânicas.

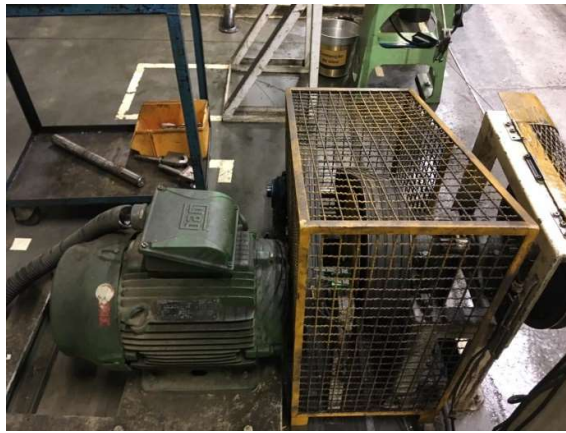


Figura 1 – Sistema correia/polia – Registrado pelos autores

O uso do sistema de polias e correias aplicado a uma máquina de trefilação de uma indústria de fabricação de pneu não está sendo eficaz, apresentando diversos problemas como, por exemplo, a tração exigida entre fieira e o fio está causando o desgaste prematuro dos elementos da caixa de polias, pois foi observado um número elevado de intervenções para manutenção não programada, mais conhecida como manutenção corretiva, que consiste em realizar a intervenção e a manutenção apenas após a falha da máquina, ocorrendo paradas de produção não programada e como consequência, o aumento do custo com peças sobressalentes e mão de obra especializada.

O uso de um sistema de polias se faz necessário primeiramente para preservar os elementos de um motor elétrico, já que o desgaste é distribuído entre elementos de forma geral, e além disso, os fatores necessários para o equipamento operar em

sincronia, tais como suas velocidades angular e linear, potência de saída, tração e outros, somente são possíveis com a aplicação deste sistema.

Outro fator importante para o início deste estudo é a quantidade de material trefilado que a máquina deixou de produzir, e conseqüentemente, a empresa deixou de faturar devido às interrupções na produção e tempo exigido para executar a manutenção para o equipamento volte a produzir.

A alternativa apresentada neste trabalho parte do plano de substituição do sistema de polias e correias para um sistema motoredutor, aplicado juntamente com um sistema de manutenção preventiva, ou seja, um planejamento da manutenção com o objetivo de evitar paradas indesejadas nos equipamentos, utilizando um plano de manutenção definido previamente.

Como resultado, aplicando o sistema de moto redutor, número de intervenções será reduzido e a produção será otimizada, uma vez que, com o moto redutor não haverá mais o desgaste entre polias e correias, e sim um desgaste entre engrenagens lubrificadas que possuem uma melhor vida útil.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste projeto é realizar um novo dimensionamento e seleção de um moto redutor, substituindo assim o conjunto de polia e correia, diminuindo as paradas com a manutenção não planejada e aumentando a produtividade do equipamento, realizando também um novo plano de manutenção para as intervenções preventivas, como também realizar um estudo do impacto financeiro no projeto desde a aquisição até o custo de manutenção.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 O que é trefilação?

Trefilação consiste em uma operação de conformação plástica na qual o material é estirado por meio de um modelo padrão em forma de canal correspondente, conhecida como fieira, através de uma tração que é utilizada na saída do modelo.

É um processo industrial que tem como objetivo a redução da largura do fio (seção transversal) e conseqüentemente, o aumento do comprimento do material. Quando for necessário, é permitido um tratamento térmico no fim do processo para adquirir as propriedades mecânicas desejadas no fio.

Há uma vasta aplicação deste procedimento para a fabricação de produtos, tais como: arames, barras, fios finos, tubos e diversos perfis.

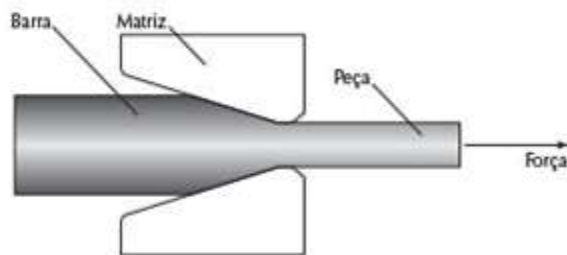


Figura 2 – Desenho esquemático do processo de trefilação – Kiminami / Castro / Oliveira

É necessário ter uma fieira e/ou rolete além de lubrificante em cada passe, podendo ser fabricado por um material metálico duro, formando assim uma carcaça, onde na mesma, tem sua dimensão sendo controlada para obter a forma desejada no material.

### 2.1.1 Lubrificação

Na trefilação há uma tração considerável entre o fio e o sistema, gerando atrito, e por sua vez um desgaste maior da feira e/ou rolete e também podendo gerar deformidade na parte superficial do fio, além de obter temperaturas altas durante o processo como consequência de maiores esforços na fabricação.

Com esse aumento da temperatura, é gerado o calor, que deverá ser controlada pela ação do lubrificante, também tendo a função de ser um agente refrigerante, já que na superfície do fio a temperatura maior e diminui até o centro.

Para diminuir o desgaste, reduzir o esforço do processo e para obter um excelente acabamento na superfície do fio, o lubrificante tem como função criar uma película em toda a extensão do fio, reduzindo assim o atrito. Para cumprir todas as necessidades do processo, o lubrificante deverá atender as características a seguir:

- Capacidade para evitar o engripamento;
- Capacidade de resistir à deterioração a temperaturas elevadas do processo;
- Capacidade de manter a superfície em toda a extensão do fio livre de resíduos de material carbônico;
- Capacidade de resistência química gerada pela ação de óleos minerais.

Os lubrificantes são geralmente compostos por soluções de sabões, óleos minerais e graxas animais, tendo sua temperatura de trabalho entre 40 a 60°C, não podendo ser aplicado em temperaturas menores, já que a viscosidade do agente lubrificante se altera, fazendo com que o mesmo não acompanhe o fio para ferramenta. Já em temperaturas maiores que o range correto, o composto perde a ação lubrificante e refrigerante, devido à água presente evaporar e alterações químicas.

Com base nos conceitos anteriores, o sistema de lubrificação na trefilação pode ser classificado em:

- Aspersão na feira;

- Imersão de anéis, fio, fieira e suporte da fieira para uma ação geral e local.

Já em relação aos métodos de lubrificação, temos:

- Lubrificação úmida;
- Lubrificação seca;
- Lubrificação úmida e eletrolítica;
- Lubrificação com graxas e pastas.

### **2.1.2 Vantagem do processo de trefilação**

Dentre as vantagens que o processo apresenta, podemos citar as principais:

- A superfície do fio a ser produzido será sempre limpa e polida;
- Neste processo, o material será estirado e terá sua seção transversal reduzida melhor que em outro processo de conformação mecânica;
- Sua precisão dimensional é melhor que qualquer outro processo, tendo uma exceção apenas para a laminação, porém não é aplicação a esse tipo de fabricação.

### **2.1.3 Processo de trefilação sem deslizamento**

Neste processo, há um mecanismo de tração para o fio que é conduzido através da fieira, por meio de um anel tirante que, primeiramente, há um acúmulo da matéria prima trefilada para que depois ocorra a liberação do material para o segundo anel tirante, onde também ocorre um aglomerado de fio trefilado.

Vale ressaltar que o procedimento continua equivalente ao retratado acima com inúmeras fieiras em linha em um mesmo equipamento.

Outro ponto bastante importante é que, por conta do aumento do comprimento do material e por consequência, o acúmulo de material nas fieiras, a velocidade dos anéis não são iguais e de ordem progressiva, para que ocorra uma compensação.

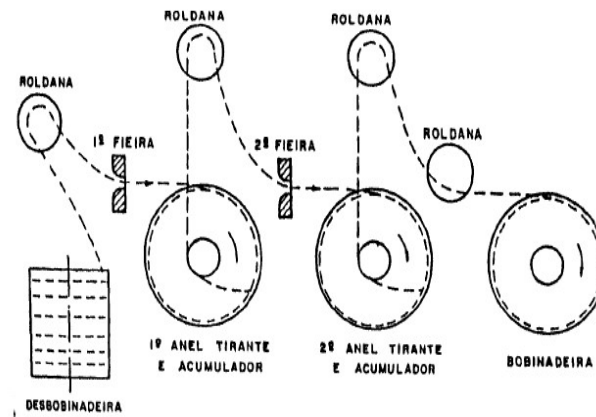


Figura 3 – Máquina de trefilar sem deslizamento – Apostila Conformação Mecânica

#### 2.1.4 Processo de trefilação com deslizamento

Neste procedimento o fio a ser trefilado está numa desbobinadeira, onde parte para uma roldana e em seguida é encaminhado para a primeira fieira, de maneira alinhada, onde na saída da mesma, ocorre uma tração no fio, realizando assim uma quantidade de voltas, da forma de uma hélice cilíndrica com o tamanho do passo equivalente ao diâmetro do fio, mantendo alinhado com a primeira e segunda fieira. É esse movimento do fio no formato de hélice que faz o material trefilado deslizar (deslizamento lateral) no anel e durante o processo.

Conforme no processo de trefilação sem deslizamento, ocorre o aumento da velocidade, quando o fio passa para a segunda fieira, com o objetivo de compensação do aumento do comprimento.

O procedimento acontece igualmente nas demais fieiras e anéis e também, devido o aumento do diâmetro do fio que ocorre pelo desgaste da fieira do processo, este anel tirante também pode obter um deslizamento tangencial.

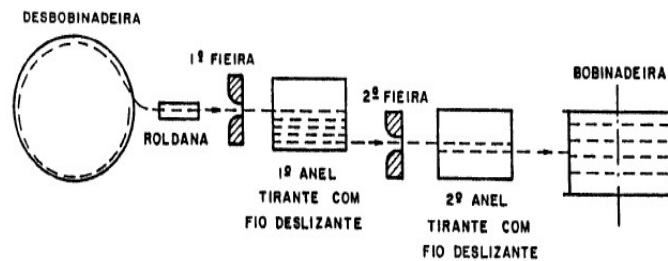


Figura 4 – Máquina de trefilar com deslizamento - Apostila Conformação Mecânica

### 2.1.5 Processo da máquina sem fieira

Este processo de trefilação é diferenciado, não é utilizada uma fieira para a redução da seção transversal do fio e podendo ainda ser comparado com o processo de laminação e a fabricação de tubos por rolos.

A máquina de trefilação sem fieira deste projeto tem por objetivo usar um fio de seção circular com um diâmetro de 1,98 mm e no final ele fica com uma seção retangular de 1,30 mm x 2,00 mm. O fio com a seção transversal circular chega acumulado no enrolador que são bobinas com 400 kg de material, é desenrolado até chegar ao processo de pré-guidage, onde é um equipamento que a partir de dois rolos deixará o fio com uma seção oval.

Após isto passará pela “cabeça de turco”, um equipamento que dará a forma retangular ao fio, diminuindo sua seção, continuando pelo “pós-guidage” onde corrigirá qualquer torção que o material sofreu durante o processo anterior, vale lembrar que o processo de pré-guidage, passando depois pela cabeça de turco e pós-guidage é feito com o fio imerso em óleo a 30 °C.

Passando por esta etapa, o fio é encaminhado para uma cuba de secagem, onde o mesmo passa novamente imerso, porém em água quente a uma temperatura de 50 °C com objetivo de resfriar superficialmente o fio após sua saída do pós-guidage e garantir a secagem do fio antes da passagem sobre o cabrestante e enrolagem na bobina.

O fio trefilado passará por um equipamento chamado cabrestante que tem por objetivo tracionar o fio durante todo processo, é ele que determina a velocidade da operação. O cabrestante está ligado a um sistema correia/polia que por sua vez conectado a um motor.

Do cabrestante, prosseguirá por dois conjuntos de rolos que servem como guia para chegar na bobina, onde todo fio será enrolado e acumulado, bobina esta que tem seu interior usinado, jateado e zincado.



Figura 5 – Máquina de trefilação sem fieira – Registrada pelos autores

## **2.2 Elementos de Máquina**

### **2.2.1 Elemento de Transmissão**

Elementos de transmissão são responsáveis por transmitir potência, torque e rotação entre si, além de ter a função de manter o bom funcionamento e rendimento das máquinas industriais.

### 2.2.1.1 Polias

É uma peça mecânica de formato circular, podendo haver ou não canais periféricos, sendo acoplados a eixos de motores ou até mesmo movimentados por outros equipamentos. É fabricado de um material rígido, normalmente é utilizado o metal.

Seu acionamento é realizado por meio de uma correia ou corrente metálica, girando em um eixo e sendo assim, transferindo o movimento e também energia ao outro elemento.



Figura 6 – Polia – Site Copaferr

Tem como objetivo a facilitação para a realização de algumas atividades, tais como: levantamento de cargas, movimentação de material e entre outros.

Há quatro tipos principais de polias, são elas: fixa, móvel, cadernal e talha.

#### 2.2.1.1.1 Polia Fixa

Neste tipo de polia ocorre a fixação do eixo em algum ponto para auxílio que permite apenas o movimento de rotação e não o de translação. Neste caso, não é averiguado uma redução no esforço para a movimentação da carga necessária, o que gera um desconforto para puxar o material carregado.

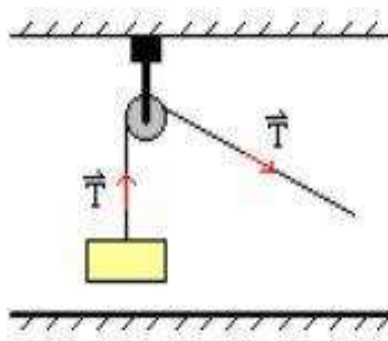


Figura 7 – Exemplo didático de polia fixa – Site Infoescola

### 2.2.1.1.2 Polia Móvel

As polias móveis são aplicadas para facilitar a elevação de algumas atividades. Uma das vantagens deste tipo de polia, é que a cada polia adicionada no sistema, a força necessária para a elevação do objeto, é diminuída pela metade, porém, também pode ser considerada como uma desvantagem olhando por outro lado, já que, quanto maior o número de polias no sistema, mas demorada será a elevação ou movimentação da carga.

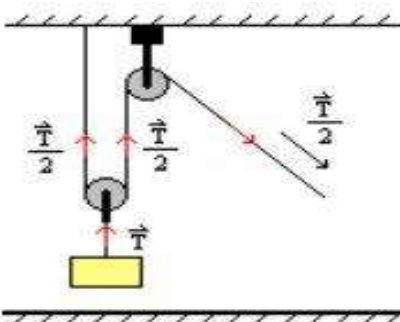


Figura 8 – Exemplo didático de polia móvel – Site Infoescola

Uma aplicação bastante utilizada para as polias móveis é em oficinas para elevação de carros.

### 2.2.1.1.3 Polias Cadernais

Para este tipo de polia, são necessárias que as polias móveis sejam acopladas as polias fixas, sendo que, a quantidade desses dois tipos apresentados, deve ser igual. Com este tipo de sistema, para cada polia móvel encontrada na configuração, o peso o objeto que está sendo carregado, passa a ser a metade, facilitando a sua locomoção.

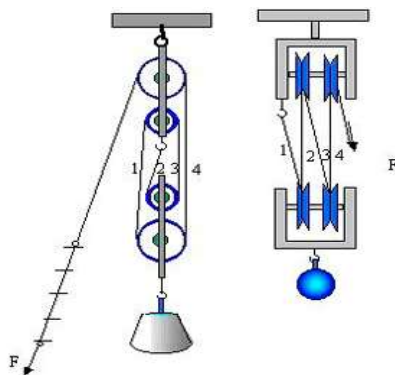


Figura 9 – Exemplo didático de polias cadernais – Site Galvaminas

### 2.2.1.1.4 Talha

Também conhecida como talha exponencial, esta configuração é a mais simples de todas, onde há apenas uma polia fixa e as demais polias são móveis. É bastante eficiente no ponto de diminuir força para movimentar a carga que está elevada.

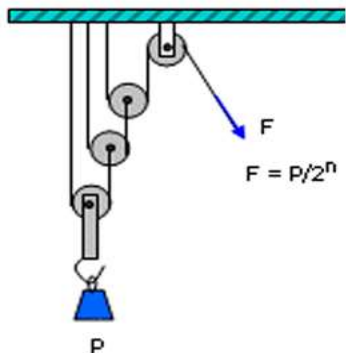


Figura 10 – Exemplo didático de talha – Site Galvaminas

### 2.2.1.2 O que são correias?

Correias são componentes mecânicos responsáveis por transmitir movimento entre as polias movida e motriz, podendo até mesmo realizar o transporte e elevação de carga. Na área mecânica, estas correias podem ser fabricadas de material flexível, sendo mais resistentes, ou até mesmo de um material metálico.



Figura 11 – Exemplo de correia – Site KR Moto Peças

### 2.2.1.2.1 Correia em V

O motivo por ter essa forma é que, não permite o deslizamento desta correia e também proporciona força através do atrito gerado pela tensão das laterais. Uma das vantagens para a utilização dessa correia é a facilidade de instalação, além de diversos tamanhos diferentes encontrados no mercado.



Figura 12 – Correia em V – Site Soluções Industriais

### 2.2.1.2.2 Correias Planas

Esse tipo de correia é aplicado a anos no mercado industrial, sendo que as primeiras fabricadas eram de couro e hoje em dia são feitas de borrachas. É bastante aplicada em acionamentos compactos e leves, na indústria têxtil e também em moinhos por meio de acionamentos cruzados. Entre as vantagens, é bastante resistente a velocidades altas, possui muita estabilidade e pode ser aplicado em várias posições. Uma grande observação que podemos fazer nesse tipo de correia é a capacidade de resistir a vibrações que são geradas através no conjunto de engrenagens.



Figura 13 – Correia plana – Site Correias Universal

### 2.2.1.2.3 Correias Dentadas

Sua aplicação está, principalmente, em motores aplicados em grandes máquinas no na área industrial, realizando um sincronismo com as polias dentadas. Entre as vantagens para esse tipo de correia, estão a precisão e durabilidade de mesma para uma futura troca, tendo a necessidade de manutenções regulares para evitar trocas em curtos períodos, obtendo um fator bastante significativo que é a redução de custo.



Figura 14 – Correia universal – Site Dinamicar Pneus

#### **2.2.1.2.4 Correias Sincronizadoras com Revestimento**

Sendo bem objetivo, este tipo de correia é o mesmo que a dentada, porém utilizando um revestimento, que é bastante aplicado na indústria alimentícia, facilitando o funcionamento corretamente para, por exemplo, empacotar vários tipos de alimentos. Como vantagem, podemos observar que, o material é mais resistente em relação aos demais tipos e também uma vasta gama de opções que podem ser encontradas no mercado.

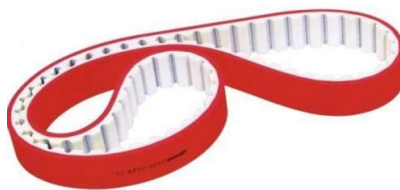


Figura 15 – Correia sincronizadora com revestimento – Site Polibelt

### 2.2.1.3 Engrenagens

São elementos de máquinas girantes que possuem formato de disco com dentes capazes de transferir potência com mínima perda, utilizada em modos gerais em diversos meios e equipamentos de transmissão.

Segundo MELCONIAN (2008), as engrenagens são usadas para transmitir torque e velocidade angular em diversas aplicações. Existem várias opções de engrenagens de acordo com o uso a qual ela se destina.

Com base nos princípios que envolvem o atrito, a transmissão entre eixos tornou-se mais viável partir da utilização dessas rodas dentadas possibilitando uma maior eficiência com maior transmissão de torque.

Os dentes são os principais motivos de estudos num projeto, pois dele vêm às características e limitações do sistema de transmissão, sua geometria e resistência às configuram.

#### 2.2.1.3.1 Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos

Modelo mais simples e com os dentes em paralelo ao eixo, maior empregabilidade em baixas rotações e possui um elevado ruído de trabalho.

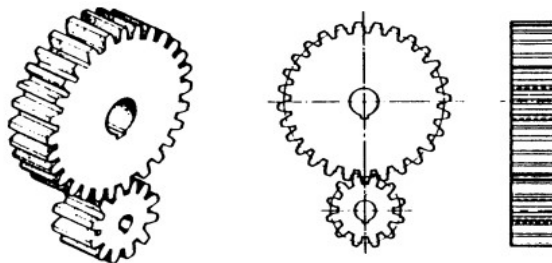


Figura 16 – Engrenagens cilíndricas de dentes retos acoplados – Site Abraman

### 2.2.1.3.2 Engrenagem Cilíndrica de Dentes Helicoidais

São mais silenciosas e com uma força axial adicional, o sistema de dentes helicoidais possuem as características de dentes inclinados em relação ao eixo e reproduzem muito bem grandes esforços permitindo até uma acoplagem angulada de engrenagens.



Figura 17 – Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais – Site Abraman

### 2.2.1.3.3 Engrenagem Cônica com Dentes Retos

É aplicável quando uma árvore de transmissão tem a necessidade de transportar potência entre eixos dispostos em um ângulo de  $90^\circ$ , utilizamos esse sistema já que o formato cônico permite uma acoplagem muito funcional. Utilizada para baixas rotações e de montagem precisa seu funcionamento se torna adequado.



Figura 18 – Engrenagem cônica com dentes retos acoplados – Site Abraman

#### 2.2.1.3.4 Engrenagem Bi-Helicoidal

Este tipo de engrenagem é também chamado de engrenagem “espinha de peixe”, recebe este nome por conta do conjunto do pinhão e engrenagens com vários dentes helicoidais com um formato que realmente lembra uma espinha de peixe. Sua principal função é de fazer a redução da velocidade de rotação e a de transmitir a potência. Quando dois dentes de engrenagens se encontram, o contato começa da extremidade do dente e vai aumentando de acordo com o movimento das engrenagens, até que fiquem completamente acoplados, sendo assim um processo gradual e sem ruídos se comparado com os de dentes retos. É muito bom para redutores de plantas no processo de cimento.



Figura 19 – Engrenagem “Espinha de Peixe” – Site Fresadora Sant’ana

#### 2.2.1.4 Eixos

No geral, eixos se justificam na acomodação de outros elementos tais como engrenagens, mancais, polias. No caso de cargas axiais as chavetas e ressalto também fazem parte do projeto. Rotacionais ou não, comumente de seção transversal circular são utilizados para transportar potência ou movimento através de outros elementos como engrenagens, polias, volantes e similares. Quando fixo não transmite de forma direta potência e movimento, e pode ser projetado como uma espécie de viga estática.



Figura 20 – Exemplo de eixo de transmissão – Site Mecânica Industrial

Materiais do eixo: Através da geometria do eixo podemos analisar a deflexão do mesmo, que está diretamente ligada ao seu módulo de elasticidade e sendo constante para os aços. Portanto para resistir às tensões de carregamento os materiais escolhidos na fabricação devem conferir essa deflexão necessária sem deformá-lo plasticamente. Além disso, um enrijecimento excessivo pode causar o desgaste por fadiga, mas em certo grau pode ser benéfico a fim de garantir uma maior resistência à falha por fadiga.

A tensão escoamento admissível do material pode ser aferida através de ensaios de laboratório, no qual o material sofre uma deformação até um ponto onde o retorno ao ponto inicial é possível, e dotado dessa informação podemos admitir um vetor de força admissível  $P$  para uma determinada seção do eixo, assim teremos:

$$\delta(\text{tensão escoamento admissível}) = \frac{P(\text{força})}{A(\text{area de seção})}$$

A deformação ou extensão do comprimento original é conferida analisando a variação de comprimento final e inicial em relação a aplicação de uma carga axial. A deformação normal é dada por:

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_i}{l_i} = \frac{\text{comprimento final} - \text{comprimento inicial}}{\text{comprimento inicial}}$$

### 2.2.1.4.1 Eixos Maciços

Esse tipo de eixo é caracterizado por uma seção transversal circular e maciça, com apoios para possibilitar o ajuste das peças sobre o eixo. Possui extremidades são chanfradas com a finalidade de escapar das rebarbas e suas arestas internas são arredondadas para barra a concentração de possíveis esforços que podem ser centrados.

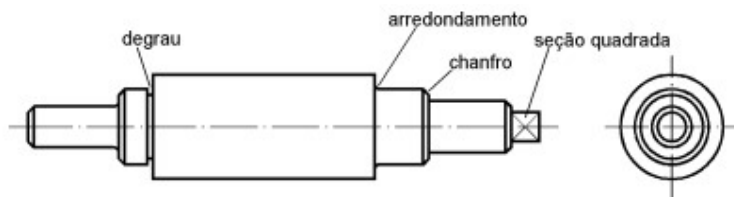


Figura 21 – Eixo maciço – Apostila Essel (eixos e correntes)

### 2.2.1.4.2 Eixos Roscados

Esse tipo de eixo é constituído de algumas partes rosçadas que podem receber porcas aptas de prenderem outros elementos ao equipamento.

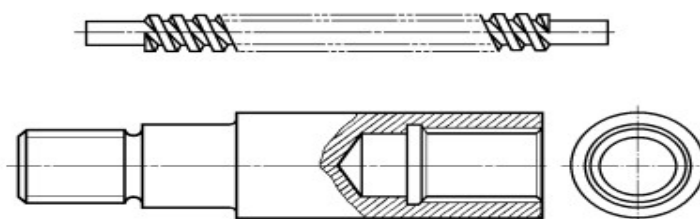


Figura 22 – Eixo roscado – Apostila Essel (eixos e correntes)

### 2.2.1.5 Acoplamentos

Os acoplamentos têm como principal função fazer a conexão entre dois eixos com diâmetros diferentes transmitindo um torque de um acionamento. Existe

diferentes tipos de acoplamentos e cada um deles depende do seu uso e dos tipos de máquinas que conectará.

Eles possuem uma variedade de pontos positivos como, a redução de vibração, a absorção de choques, a relação de transmissão fazendo a transmissão de movimento e torques e unindo dois eixos.

Normalmente ele é feito de dois flanges onde que vai ser fixado os dois eixos, um cubo para que o eixo possa ser encaixado e por elementos de fixação como os parafusos para fazer a ligação entre os dois flanges.

Para aquisição de um acoplamento devemos levar em consideração alguns fatores como primeiramente você ter um projeto em mãos, você saber com o que está trabalhando visto que um acoplamento depende muito com o que está trabalhando, preste atenção nas marcas se é algo de referência e por último utilize o suporte técnico, faça a leitura do catálogo, pergunte aos técnicos da empresa sobre especificações do produto e não fique com vergonha de pedir ajuda aos consultores.

- Causa de Quebra: Existem diversos motivos para que o acoplamento cause um mal funcionamento ou quebra no funcionamento do equipamento. O recomendado é você entender que cada operação existe um método diferente para aplicar o acoplamento, alguns dos principais motivos de causa de quebra são:
  - Desgaste;
  - Falta de Lubrificação;
  - Torque excessivo;
  - Um alinhamento e balanceamento errado.

#### **2.2.1.5.1 Tipos de Acoplamento**

Como falado acima, existem diversos tipos de acoplamentos para diversos tipos de aplicação, abaixo falaremos de alguns como:

- Rígidos ou fixos;

- Flexíveis ou elásticos;
- Engrenagens.

#### **2.2.1.5.1.1 Rígido ou fixos**

Pelo nome já deve-se saber que ele não possui flexibilidade, entre outras características é dele não absorver os choques, desalinhamentos e vibrações, por conta disso é necessário um alinhamento perfeito.

Pela sua facilidade de desmontar o conjunto, ele possui a vantagem de sua manutenção ser sem dificuldades. Têm de ser construído sem qualquer tipo de saliência, pois se tiver desbalanceado e for ligado o equipamento, prejudicaria toda a estrutura.



Figura 23 – Acoplamento rígido –Site AcoplastBrasil

#### **2.2.1.5.1.2 Flexíveis ou Elásticos**

Os acoplamentos flexíveis são divididos em elásticos e não elásticos, a diferença entre os dois está em suas características onde o elástico é torcionalmente flexível e consegue suavizar os desalinhamentos, já o não elástico eles conseguem suportar alguns desalinhamentos, mas tem nenhuma elasticidade de torção fazendo com que sejam torcionalmente rígidos.

Este tipo de acoplamento é utilizado quando necessita de sincronia torcional ou de uma constante reversão.



Figura 24 – Acoplamento elástico –Site AcoplastBrasil

### 2.2.1.5.1.3 Engrenagens

Esse tipo de acoplamento é utilizado em indústrias com maquinário pesado, eles absorvem os possíveis desalinhamentos e são aplicados normalmente na saída de redutores e motoredutores onde tem baixa rotação e um alto torque.

Dentro de acoplamentos de engrenagens existem vários tipos deles, como os:

- Auto Desengatável;
- Para eixos flutuantes;
- Simples e Duplo Engrenamento.

Para atender o nosso projeto, foi escolhido este modelo para atender todas as necessidades do projeto.



Figura 25 – Acoplamento de engrenagens – Site AcoplastBrasil

## 2.2.2 Elementos de Vedação

Os elementos de máquinas vedantes foram criados a partir da necessidade de se proteger, pressurizar e ou separar elementos ou conjuntos de elementos de máquinas em sua dinâmica de funcionamento permitindo quando exigido deslocamento, ou movimento, rotacional ou translacional entre elementos de movimento relativo. A função dos elementos vedantes pode ir além de somente não permitir que fluidos fiquem retidos, em casos específicos alguns cuidados devem ser respeitados e variáveis como a temperatura, pressão, viscosidade e outros assim como o próprio acabamento superficial de instalação dos vedantes sugerem operações cuidadosamente planejadas e executadas. Os materiais mais usados como elementos de vedação são: borracha, papelão, velomóides e metais. Os tipos de elementos do mercado são os dos mais variados e de acordo com a necessidade de aplicação como acopladores, junta móvel entre elementos rotacionais ou translacionais, reservatórios e outros, para isso foi criado uma classificação que agrupam vedantes móveis e fixos.



Figura 26 – Exemplos de elementos de máquinas– Site MGA do Brasil

### 2.2.2.1 Juntas de Borracha

Comumente empregadas em partes estáticas tem como principal finalidade de formar uma película vedante entre meios diferentes. Seus formatos são variados e podem receber um material diferente para aplicações especiais.



Figura 27 – Exemplos de juntas de borrachas – Site MGA do Brasil

### 2.2.2.2 Juntas de Papelão

Possui comum emprego parecido com a junta de borracha, porém com a vantagem de suportar uma temperatura um pouco mais alta sem derreter, é amplamente utilizada em juntas de cabeçote de carros tendo um aditivo metálico em sua alma.



Figura 28 – Exemplos de juntas de papelão – Site Isoval

### 2.2.2.3 Anéis de Borracha (O'ring)

Constituem-se em anéis de borracha de perfil redondo, quadrado ou retangular que não utilizam aditivos colantes para a junção, muito utilizados em vedações de uso dinâmico onde podem sofrer desacoplagem e acoplagem rápida.



Figura 29 – Anéis de borracha O'ring – Site Casa das Graxetas

### 2.2.2.4 Juntas Metálicas

Essas juntas são utilizadas amplamente em regiões mais hostis devido à alta pressão e temperatura, seu aperto normalmente é controlado e específico. Fabricado em matérias de baixo carbono, alumínio, cobre ou chumbo.



Figura 30 – Exemplos de juntas metálicas – Site Klinger

### 2.2.2.5 Velumóides

É um tipo de material no qual por ser feito revestimento, tampas, flanges e outros, possui características de não provocar fenômenos eletrolíticos e não corroer partes metálicas.



Figura 31 – Papel velumóide para juntas – Site Ferramentas Kennedy

### 2.2.2.6 Juntas de Teflon

Esse tipo de junta é muito útil para conexões e válvulas de tubulações onde a temperatura do fluido não supere os 260°C.



Figura 32 – Juntas de teflon – Site Cofermeta

### 2.2.2.7 Juntas de Cortiça

Essa junta é bastante utilizada em vedações estáticas de fluidos variados a baixa pressão.



Figura 33 – Junta de vedação de cortiça – Site Soluções Industriais

### 2.2.2.8 Juntas de Amianto

O amianto é um material que suporta alta temperatura, ataques químicos e produtos corrosivos, é empregado na vedação de fornos e equipamentos especiais.



Figura 34 – Juntas de Amianto – Site T-C Company

### 2.2.2.9 Retentores

Retentores, também conhecido como vedador de lábio é composto basicamente de uma membrana elastomérica em forma de lábio e uma alma metálica flexível que executa a função de uma mola que se ajusta a fim de permitir uma melhor fixação. Justifica-se a aplicação de um retentor quando possuímos elementos cujo seu movimento relativo pode provocar vazamento ou contaminação entre fluidos em meios diferentes, ele deve reter o fluido e mantê-lo confinado.



\*Imagem meramente ilustrativa

Figura 35 – Exemplo de Retentor – Site Masada Moto Peças

### 2.2.2.10 Gaxetas

São elementos que possuem a função de evitar o fluxo de fluido de um local para o outro de forma parcial ou integral. Utilizado para vedação de bombas e centrifugas tem como principal restrição o trabalho a altas temperaturas tendo assim que haver um controle da mesma.



Figura 36 – Exemplos de gaxetas – Site Casa das Gaxetas

### 2.2.2.11 Selos Mecânicos

Trata-se de um vedador que utiliza princípios hidráulicos para reter fluidos, que acontece em dois momentos: a vedação principal e a secundária. A vedação principal é realizada num plano perpendicular ao eixo por meio de contato deslizante entre as superfícies polidas, o anel de selagem e a sede, a vedação secundária é feita através de anéis, juntas e cunhas.



Figura 37 – Selos mecânicos – Site Balalata

### 2.2.3 Elementos de Fixação

A união entre peças tem como objetivos controlar ou eliminar movimentos relativos independentes entre elas, dentre todos os dispositivos de união disponíveis seu uso se faz de acordo com as necessidades e limitações locais. A seguir mostraremos algumas classificações de união.

- **União fixa:** Como o próprio nome sugere, é uma união que busca a rigidez que impede todo e qualquer deslocamento relativo, como exemplo tem-se a união por solda.



Figura 38 – Junta soldada – Site Chave Soldas

- União móvel: A necessidade de controlar o deslocamento ou o grau de liberdade de uma união a justifica, pois com um elemento capaz de reduzir ou conduzir o movimento de outro elemento, ou de si mesmo, possibilita, por exemplo, o funcionamento de uma dobradiça.



Figura 39 – Dobradiças automáticas – Site SEDUC

- União elástica: Justificada pelo uso de um elemento elástico como borracha, mola e afins. Através dessa união é permitido um movimento relativo harmônico de deslocamento de amplitude dependente de forças externas, esse movimento reativo é previsto no projeto.



Figura 40 – Sistema de amortecimento veicular – Site SEDUC

- União permanente: Após o processo de união entre elementos permanentes, somente poderá ser realizada a separação com a necessária deformação em ambos ou em alguns casos sendo impossível a separação dos mesmos.
- União provisória ou desmontável: Permite o câmbio entre elementos sem que haja dano ou deformação, sendo que o parafuso, arruela, roscas e porcas são de vital importância para qualquer projeto, suas características e especificações precisam ser envolvidas em suma dados a variedade de fixadores desse tipo no mercado. Uma das principais vantagens desses elementos é a capacidade de montagem e desmontagem de acordo com a necessidade local.

### 2.2.3.1 Parafusos

Elemento composto de corpo cilíndrico, rosca e uma cabeça de variadas formas.

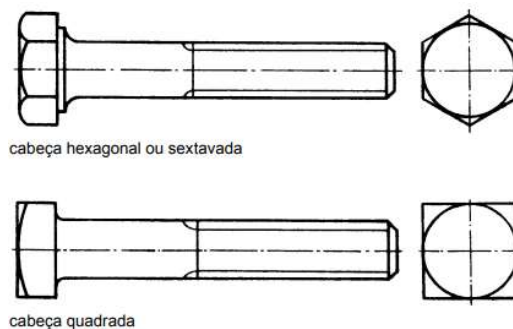


Figura 41 – Perfis de parafusos – Site Abramam

De modo geral os parafusos são fixadores muito eficientes, mas, possuem outras funcionalidades como os chamados parafusos de potência ou de avanço que são capazes de mover cargas. Sua importância na construção de máquinas em pela união de elementos e sua mobilidade quanto a montagem e desmontagem.

A carga admissível de um parafuso é a resultante da tensão de aperto e da carga imposta pelos elementos unidos. Para parafusos e elementos que exigem um torque controlado, utilizamos um medidor de torque ou mais conhecido como torquímetro.

Algumas de suas aplicações são: parafusos de fixação de junções desmontáveis, parafusos de proteção, parafusos obturadores que vedam orifícios, parafusos de ajustagem.

Há vários tipos de cabeça, tais como:

- Parafusos de cabeça hexagonal: utilizados quando a união necessita de um aperto forte apertado com auxílio de uma chave estria ou de boca, com ou sem porca;
- Parafusos com fenda: o mais utilizado no dia a dia em diversos tipos de materiais, possuindo três outras variações, fenda de cabeça escareada que é utilizada onde não há necessidade de grandes esforços, fenda de cabeça redonda sendo usada para melhorar o acabamento e o fenda de cabeça escareada abaulada, sendo aplicado para unir elementos ou quando precisam ser embutido na superfície. Vejam a seguir imagens desses três tipo:



Figura 42 – Parafuso de cabeça escareada – Site SEDUC

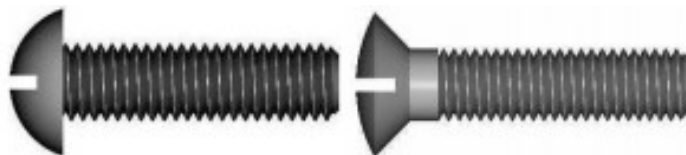


Figura 43 – Parafusos de cabeça redonda – Site SEDUC



Figura 44 – Parafuso de cabeça abaulada – Site SEDUC

- Parafuso prisioneiro: constituído de rosca nas duas extremidades, permite fácil desmontagem e preserva a rosca do fundo. Usado quando há a necessidade de montagem e desmontagem frequente.

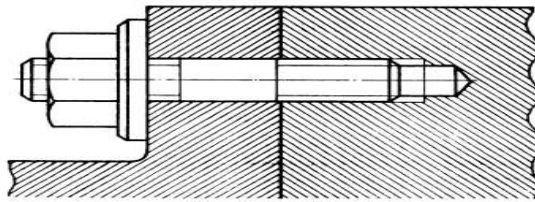


Figura 45 – Um parafuso prisioneiro aplicado a duas superfícies– Site Abraman

- Parafuso de cabeça Allen ou sextavado interno: utilizados em uniões de torques elevados e de bom aperto, fabricados em aço de alta resistência e normalmente recebem tratamento térmico.

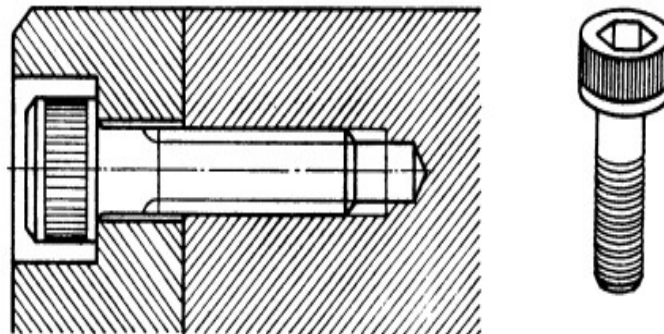


Figura 46 – Parafuso Allen – Site Abraman

- Parafusos de fundação: No mercado se apresentam como parafusos de fundação farpado e dentado, cuja finalidade é fixar máquinas e equipamento no concreto. Seu corpo apresenta características para melhorar a aderência ao concreto, conferindo assim uma melhor estabilidade.

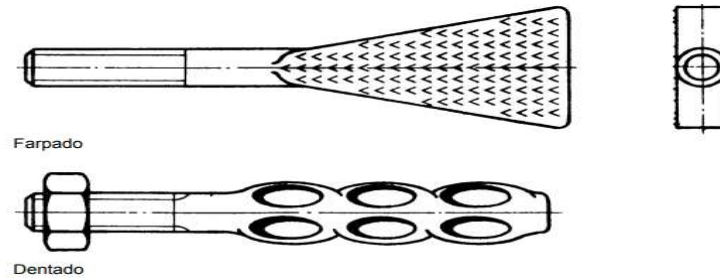


Figura 47 – Parafusos de Fundação – Site Abraman

### 2.2.3.2 Porcas

Por dentro as porcas possuem formato prismático ou cilíndrico, dependendo da finalidade, e na parte externa são encontradas em diversas formas como hexagonais, sextavadas, quadradas e outras, para atender diversas necessidades. Vejam a seguir alguns tipos de porcas:

- Porca castelo: hexagonal, possui três pares de entalhes radiais coincidentes alinhados de tal modo que um cupilha é capaz de travá-la.

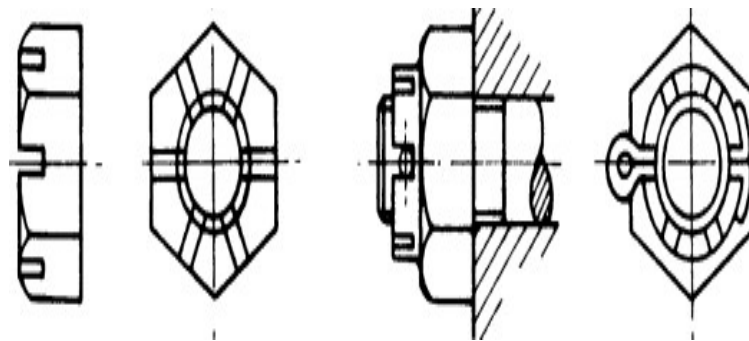


Figura 48 – Porca tipo castelo em vista superior e lateral com e sem trava – Site Abraman

- Porca cega: encontrada nas extremidades a fim de dar acabamento além de, a função unir elementos distintos.

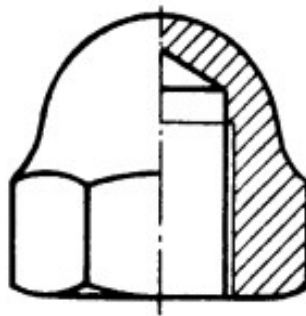


Figura 49 – Porca cega – Site Abraman

- Porca borboleta: fabricada e utilizada para proporcionar montagem e desmontagem rápidas, possuem abas que parecem asas para facilitar o torque manual.

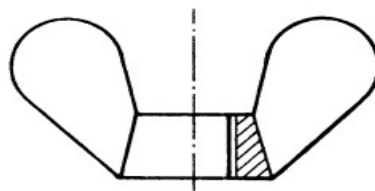


Figura 50 – Porca borboleta – Site Abraman

- Contraporca: Em situações onde a união porca e parafuso estão sujeitas a vibrações, solavancos e torques inesperados uma segunda porca é colocada ao final da primeira, com a função de travar e evitar o afrouxamento da primeira porca mantendo o conjunto unido.

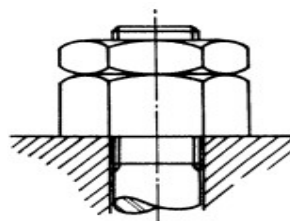


Figura 51– Contraporca travando a primeira porca – Site Abraman

### 2.2.3.3 Arruelas











	Arruela		Arruela de pressão
	Arruela chanfrada		Arruela de pressão e travamento
	Arruela quadrada		Arruela curva de pressão
	Arruela de furo quadrado		Arruela com denteado cônica
	Arruela para perfis		Arruela com serrilhado interno

Tabela 1 – Tipos mais comuns de arruelas – Site Seduc

São elementos que possuem as funções de proteger a superfície de outros elementos, evitar anomalias nas superfícies de contato, o afrouxamento das porcas e folgas axiais, dentre outros. Seu formato cilíndrico, limitada espessura e furo concêntrico para a passagem do parafuso permite uma distribuição uniforme de força no contato com a superfície.

### 2.2.3.4 Roscas

Localizada na face do cilindro de um eixo e de um furo, é constituída por um ou mais filetes com o formato helicoidal e constante. A rosca possui uma parte externa e interna que em contato possibilitam o deslizamento, o aperto.

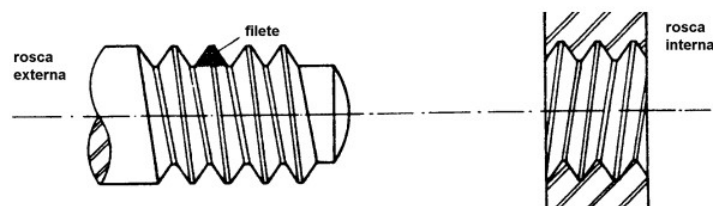


Figura 52 – Rosca externa, interna e filete – Site Abramam

O passo de uma rosca é definido pelo movimento radial de uma volta completa onde o percurso é denominado hélice, e a cada passo há o avanço longitudinal da rosca permitindo sua progressão até o ponto designado.

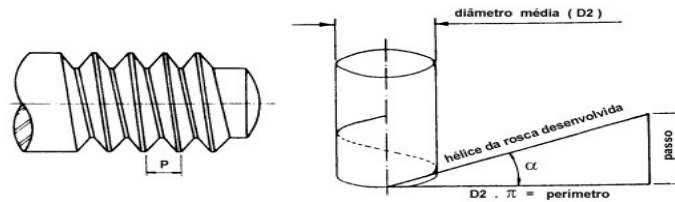


Figura 53 – Demonstração do passo e o ângulo da hélice da rosca – Site Abramam

- Definimos:

$\alpha$  = ângulo da hélice

P = passo = cateto oposto

Hélice = hipotenusa

D2 = diâmetro médio – cateto adjacente

## 2.2.4 Elementos de Apoio

### 2.2.4.1 Mancais

Os mancais são elementos de máquina, comumente fabricados de ferro fundido ou aço, normalmente são utilizados para amortecer as vibrações de um sistema e também como pode ser aplicado como apoios fixos para elementos giratórios, como por exemplo, eixos. Há uma gama enorme de variações para cada tipo de uso, tais como:

- Escorregamento ou Bucha;
- Rolamento;
- Hidrodinâmicos;
- Hidrostáticos;
- Aerostáticos.

#### **2.2.4.1.1 Mancal de Escorregamento**

O Mancal de Escorregamento ou Bucha é utilizado em máquinas mais pesadas e com uma rotação baixa por possuir um alto atrito se comparado com outros mancais. São simples de montar e realizar a manutenção, com uma boa vida útil se for respeitado todas as manutenções preventivas.



Figura 54 – Mancal de deslizamento – Site Santa Fé Comercial

#### **2.2.4.1.2 Mancal de Rolamento**

O mancal de rolamento é constituído por dois anéis concêntricos e entre eles são posicionados os elementos rolantes podendo ser os de roletes, agulha ou esferas. Este tipo de mancal é indicado em equipamentos que necessitam de uma velocidade maior com um menor atrito.



Figura 55 – Mancais de rolamento – Site RTE Rolamentos

#### 2.2.4.1.3 Mancal Hidrodinâmico

Mancal Hidrodinâmicos é formado por eixo e bucha, no qual o diâmetro do eixo é quase o mesmo do diâmetro interno da bucha, assim a folga é muito pequena fazendo um filme de óleo lubrificante impedindo o contato direto do eixo com a bucha. Este tipo de mancal é utilizado com necessita de altas cargas com uma alta velocidade, como também existirá uma longa vida operacional.



Figura 56 – Mancal hidrodinâmico – Site DirectIndustry

#### 2.2.4.1.4 Mancal Hidrostático

Os Mancais Hidrostáticos são utilizados em equipamentos de alta precisão, como, por exemplo, em máquinas de medição. O funcionamento dele ocorre por um sistema lubrificante de pressão externa, vai ser gerado um filme de lubrificação bem fino na superfície do mancal, fazendo assim não ter atrito.



Figura 57 – Mancal especial de teste hidrostático – Site Zollern

#### **2.2.4.1.5 Mancal Aerostático**

Mancal aerostático é lubrificado a ar com espessura de 5 a 30 micrômetros intercalados fornecidos por um ou mais bocais no próprio mancal, por conta deste tipo de lubrificante ele suporta altas temperaturas. Este tipo de mancal apresenta um pequeno erro de excentricidade e tem baixo ruído de operação.



Figura 58 – Aplicação: mesa redonda aerostática com acionamento direto – Site Zollern

#### **2.2.4.2 Rolamentos**

O rolamento tem como sua principal função ajudar na rotação de um equipamento, diminuindo o esforço necessário, podendo transmitir cargas radiais, axiais ou combinadas.

Os rolamentos com aplicações industriais são feitos para aguentar ambientes mais agressivos, precisando assim de um rolamento um pouco mais robusto.

Eles são responsáveis pela movimentação de vários equipamentos como esteiras, redutores, estruturas de elevação etc. Geralmente, são constituídos os rolamentos por:

- Anel Externo;
- Anel Interno;
- Gaiola;
- Elementos Rolantes.

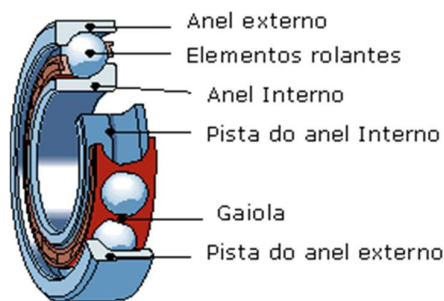


Figura 59 – Componentes de um rolamento – Site IEFP

O anel externo normalmente é uma parte fixa do rolamento, podendo também ser giratório como em rodas dos automóveis. Já o anel interno é um componente de rotação, montado no veio. Os elementos rolantes podem ser esferas, agulhas ou rolos, eles que vão separar o anel interno do externo fazendo com que haja o movimento relativo entre eles. A gaiola mantém os elementos rolantes afastados um do outro, caso não tenha gaiola, os próprios elementos rolantes.

#### **2.2.4.2.1 Rolamentos de Esferas**

Os rolamentos de esferas são compostos de esferas rolantes, separadas por duas "pistas" ou anéis de rolamento, que servem para reduzir a superfície de contato e o atrito nos planos móveis. A rotação das esferas reduz o coeficiente de atrito quando as superfícies planas se esfregam uma na outra. Como a superfície de contato entre as esferas e as pistas é relativamente pequena, os rolamentos de esferas têm,

em vista de seu tamanho, uma capacidade de carga menor que outros rolamentos de elementos rolantes.



Figura 60 – Exemplo de rolamento de esfera – Site RTE Rolamentos

Para os rolamentos de esferas, temos os rígidos de esferas que é o mais utilizado dentro todos os rolamentos do mercado. São versáteis podendo suportar cargas axiais e radiais em qualquer direção, é aplicado quando se quiser uma alta velocidade, além disso, os rígidos de esferas têm um bom custo benefício.

#### **2.2.4.2.2 Rolamentos de Roletes**

Os rolamentos de roletes apresentam elementos de rolos que são mais finos do que os tradicionais rolamentos. Devido aos seus diâmetros consideravelmente menores, os rolamentos de roletes são idealmente adequados para aplicações em que a redução de altura de rolamento é necessária. Os diâmetros pequenos dos rolamentos de roletes oferecem ao dispositivo boa capacidade de carga, sendo que estes produtos servem em grandes números em motores automotivos, além de aplicações de precisão.



Figura 61 – Exemplo de rolamento de rolete com gaiolas de agulhas – Site Janiski Tarumã

#### 2.2.4.2.3 Auto Compensadores

Os rolamentos auto compensadores que são compostos por duas carreiras de esferas e uma pista esférica em relação ao seu anel externo. Estes rolamentos não são afetados por desalinhamentos do eixo em relação ao mancal. Este tipo é vantajoso em relação aos outros por gerar menos atrito, assim ele consegue ser operado em baixas temperaturas e com altas velocidades.



Figura 62 – Exemplo de rolamento auto compensadores – Site Irobras

#### 2.2.4.2.4 Rolamento de Agulha

Existem os rolamentos de agulha, que é constituído por rolos mais finos com um diâmetro menor. Diferente de outros modelos, ele possui uma gaiola fazendo permitir que uma grande quantidade de roletes fique alojada. Existem dois tipos de rolamentos de agulhas, os alinháveis e os combinados e são utilizados quando necessita de uma alta capacidade de carga.



Figura 63 – Rolamento agulha SCE1010 – Site Loja Máxima

#### 2.2.5 Sistema Motoredutor

Os motoredutores são equipamentos formados pela composição de um motor elétrico e um redutor de engrenagens em um único pacote sistemático. Seu principal objetivo é fornecer movimento rotativo (rpm) com torque elevado (Nm), reduzindo a velocidade (rotação) de um acionador, realizando a adequação da velocidade para a rotação necessária de diversos equipamentos industriais, trabalhando geralmente com uma taxa de redução definida por equipamento.

Sua utilização é variada, podendo atuar em diversos segmentos da indústria e em mecanismos de movimento como os utilizados em elevadores, esteiras rolantes, guindastes, camas de hospital, macacos de carros, robôs, sistemas aviários, entre outros e seu tamanho pode variar desde os grandes utilizados em construções, indústria naval, petrolífera, etc., até pequenos como os utilizados em relógios.

### 2.2.5.1 Motores elétricos

É considerado um equipamento cuja função é transformar energia elétrica em mecânica, possibilitando facilmente o transporte, a limpeza e comandos simples, entre demais ações.

Consiste em um funcionamento baseado no eletromagnetismo, onde condutores são presentes no campo magnético e atravessa-o por meio de uma corrente elétrica, obtendo assim uma força mecânica, conhecida como o Torque.

Existem diversos tipos de motores elétricos, tendo como os principais os motores de corrente contínua e de corrente alternada.

#### 2.2.5.1.1 Motor elétrico de corrente contínua

Como o próprio nome já diz, é todo o motor que tem sua alimentação por meio de corrente contínua, sendo por meio de uma bateria ou de qualquer outra fonte CC.

O seu funcionamento consiste basicamente no estator, que é formado pelos dois ímãs, norte e sul, e o rotor que neste caso, é uma bobina sendo alimentada por um comutador que é circulado a corrente elétrica, em outras palavras, quando o condutor estiver guiando uma corrente elétrica, é posto no campo magnético, resultando para esse condutor uma força mecânica conhecida como torque, possibilitando o movimento do eixo deste motor.

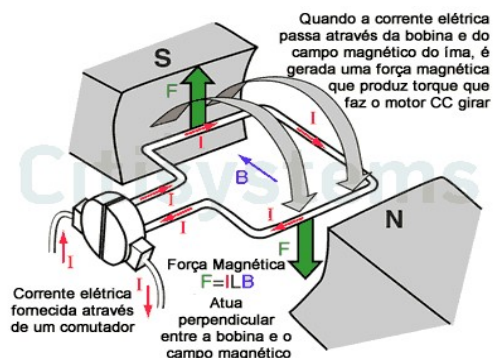


Figura 64 – Princípio de Funcionamento Motor CC – Site Citisystems

A sua velocidade é controlada apenas através de uma alteração da sua tensão, tornando mais usado para máquinas com o nível de tensão de 12 Vcc e 24 Vcc.



Figura 65 – Exemplo de motor de corrente contínua – Catálogo WEG

#### 2.2.5.1.2 Motor de corrente alternada

Este tipo de motor é bastante usado para prover energia para diversos sistemas, variando entre equipamentos de pequeno porte até grandes máquinas industriais. O motor de CA tem dois componentes fundamentais que são o estator e o rotor, onde o estator consiste em um anel metálico com fendas onde são presos os fios das bobinas em um centro metálico. É neste ponto que a corrente alternada é aplicada, ela passa por esses fios, o produzindo assim um campo magnético cujo é rotativo.



Figura 66 – Estator – Site Citisystems

O rotor é considerado uma haste, com barras condutoras que são distribuídas de forma uniforme em todo o seu centro e durante o processo, este centro do rotor ou núcleo, relacionando com o campo magnético, realizando o movimento de giro e como consequência, produzindo o torque.



Figura 67 – Rotor – Site Dragon Winch

#### **2.2.5.1.2.1 Motor elétrico por indução (assíncrono)**

A sua armadura, também conhecida como estator, é constituída de bobinamentos, e por meio das correntes que são induzidas nas bobinas, podendo assim variar o campo magnético, é realizado o torque.

Para este tipo de motor, normalmente o rotor gira em uma frequência menor fornecida e também há uma perda de velocidade durante o seu funcionamento.

Um ponto muito importante a ser citado é que, de acordo com o site Citisystems, mais de 90% dos motores no meio industrial são de indução CA por conta da simplicidade e também custos baixos da sua fabricação.



Figura 68 – Motor elétrico por indução – Catálogo geral de motores WEG

### 2.2.5.1.2.2 Motor elétrico síncrono

É utilizado um rotor na qual é bobinado, onde as bobinas são inseridas nos espaçamentos do mesmo (ranhuras). Este rotor é alimentado por uma corrente contínua proveniente do meio externo, sendo utilizados os anéis deslizantes e também as escovas para ser fornecida a corrente necessária ao rotor.

Outro ponto interessante a ser destacado é que, este tipo de motor, não possui uma partida automática, pois o torque é possível somente por meio do funcionamento da velocidade síncrona, sendo necessário um motor comum de corrente contínua acoplada ao eixo. Como consequência, ele é utilizado frequentemente quando for necessária uma velocidade precisa.



Figura 69 – Motor elétrico síncrono – Catálogo motores síncronos WEG

### 2.2.5.2 Caixa redutora com engrenagens

Por definição, trata-se de um sistema composto por elementos de máquinas capazes de modificar as configurações de torque, rotação e potência de um sistema utilizando a relação de transmissão entre os elementos rotacionais. Engrenagens conectadas entre si e apoiadas em mancais, eixos e rolamentos giram transportando potência de um elemento para outro enquanto os fluidos lubrificantes e refrigerantes se conduzem entre tais elementos para garantir um bom funcionamento e vida útil do conjunto.

Utilizando um mesmo motor elétrico podemos modificar e trocar componentes de um mesmo motoredutor para exercer várias funções, a montagem deve ser de acordo com a necessidade local. As variáveis neste caso são as quantidades e tipos de elementos internos reprodutores de potência, assim em cada caso, podem alinhar necessidade com solução.

Um sistema redutor com engrenagens é utilizado em vários segmentos desde indústrias a eletrodomésticos e até mesmo veículos. Suas atribuições em algumas aplicações vão além de simplesmente distribuir potência mecânica, como por exemplo, em automóveis a caixa redutora é utilizada para dar uma homogeneidade ao movimento gerado pelo trabalho do pistão na árvore de manivelas além de controlar o torque e a rotação das rodas.

A potência mecânica conceitua-se da variação do tempo em que é realizado um trabalho, comumente representada por Watt ou Joule por segundo no SI.

Dentro do nosso estudo de caso, o conjunto trefilador possui um único tracionador de cabos, o produto desejado a ser trefilado que por sua vez só é capaz de passar por todo o processo exclusivamente por causa da potência alimentada no cabrestante através do motoredutor em questão. Sendo assim o dispositivo é de vital importância, pois traciona o cabo pelos rolos, câmaras lubrificantes, além dos acumuladores. A caixa redutora alimentada com potência gerada de um motor elétrico traz uma maior segurança de uma operação sem paradas repentinas e manutenção não programada.



Figura 70 – Exemplo de caixa redutora de velocidade – Site Renew Redutores

### 2.2.5.3 Inversor

Inversor de frequência é um dispositivo que consegue alterar a velocidade de giro de um motor trifásico. A partir da alteração da frequência de rede que alimenta o motor, o inversor fará com que o motor siga frequências diferentes fazendo com que a alteração da velocidade de rotação do motor seja muito eficiente.

É um dispositivo que altera uma corrente alternada fixa por uma corrente alternada variável, fazendo assim o controle da potência consumida.



Figura 71 – Inversor de frequência – Site Mundo da Elétrica

O uso de um inversor de frequência pode trazer uma série de vantagens, sendo que, uma delas, explorar a aplicação do motor e a condição que não está descrita em suas propriedades construtivas. Além de ter um ótimo custo-benefício o inversor é uma ótima escolha por ter uma grande automatização, flexibilidade, com uma simples instalação, uma ótima precisão e segurança, visto que, com o inversor terá uma menor intervenção humana no processo.

### 2.2.5.3.1 Rampa de aceleração

Normalmente, quando o motor é energizado ele sai de sua inércia e atinge o seu ponto mais alto. Isto faz com que os componentes do motor sejam prejudicados, desgastando as engrenagens, correias e entre outras. Com o inversor configurado para a rampa de aceleração evita-se de o motor receber inúmeras manutenções, aumentando assim a sua vida útil.

Para configurar a rampa de aceleração no inversor é simples, normalmente o motor já vem configurado com uma rampa de 5 segundos, mas podendo ser alterado de 0,1 segundo até 245 segundos.

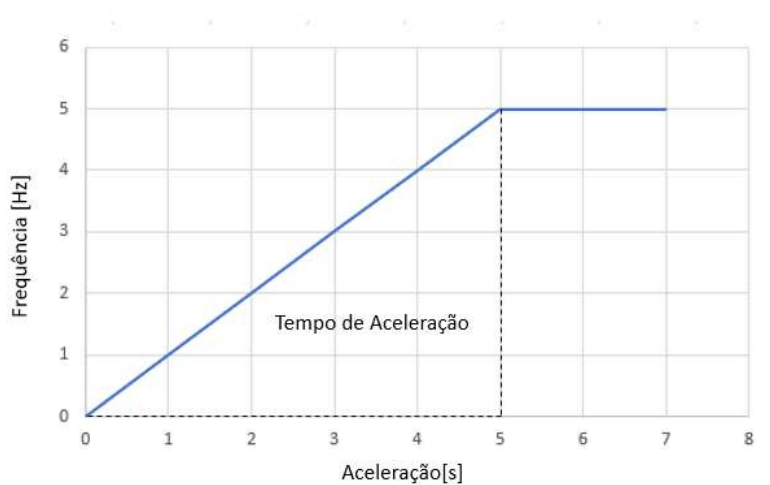


Figura 72 – Exemplo da curva característica de uma rampa de aceleração – Elaborado pelos autores

## **2.2.6 Manutenção Geral**

### **2.2.6.1 Gestão da Manutenção**

Conforme dito por Jhonata Teles, a área de manutenção tem aumentado significativamente ao longo do tempo sendo observada no número e na variedade das instalações produtivas, com projetos cada vez mais complexos, a necessidade de um conhecimento técnico em um nível maior de complexidade com uma atualização constante na área.

Dentre todas as áreas de uma empresa, as que mais se destacam atualmente são a produção e manutenção, pelo que as duas possuem a missão de manter seu funcionamento e estudar melhorias em seus processos continuamente, seja ela na parte de segurança do equipamento, na qualidade do produto final da máquina, a disponibilidade do equipamento para que assim o processo produtivo seja melhor. Não apenas do maquinário como também de todos os seus funcionários no que se diz a respeito do bem-estar de cada um.

O impacto que estas áreas trazem para o ramo industrial pode definir o rumo de uma empresa, uma fábrica que seus equipamentos quebram muito, produzirá pouco e conseqüentemente seu lucro será maior, fazendo com que empresas desistem de investir em determinada fábrica e levando assim a fechá-la. Este cenário nos tempos de hoje é mais real do que parece, tendo que empresas muita das vezes criar um setor que trabalhe apenas na melhoria contínua.

Conforme dito por Cristiano Bertulucci, esta área virou o ponto chave de uma empresa para se conseguir o ganho em custo, um sinônimo para estratégia empresarial, a gestão da manutenção, métodos e tecnologias novas a fim de sanar com despesas vem aumentando gradativamente, conseguimos ver isso na indústria 4.0, que seria a 4ª Revolução Industrial onde temos a aplicação de sistemas ciberfísicos e a descentralização dos processos de manufatura assim conseguindo uma fábrica inteligente com autonomia no seu processo para agendar as atividades de manutenção e preparada a casos indesejados dentro da manutenção.

"Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes", diz Klaus Schwab, autor do livro A Quarta Revolução Industrial, publicado em 2016.

### **2.2.6.2 Tipos de Manutenção**

Conforme diz Jhonata Teles em seus artigos, basicamente existem cinco tipos de manutenção, são elas:

- Manutenção Corretiva (Programada e Não Programada);
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Detectiva;
- Engenharia de Manutenção.

#### **2.2.6.2.1 Manutenção Corretiva (Programada e Não Programada)**

Manutenção Corretiva é forma mais primitiva e simples de todas citadas anteriormente, é toda atividade de manutenção onde existe a parada de máquina, mesmo ela sendo nada complexa ela se divide em Programada e Não Programada.

#### **2.2.6.2.2 Manutenção Corretiva Não Programada**

A não programada ou não planejada, se dá quando ocorre a quebra inesperada de um subconjunto de uma determinada máquina fazendo com que ela pare, impedindo a produção sem ter qualquer acompanhamento prévio de determinada falha.

Um exemplo ligado ao nosso projeto é um problema na correia que por uma falta de acompanhamento, não se viu o desgaste que estava acontecendo e até chegar um momento que esta correia arrebentou fazendo assim parar de dar o torque necessário para os cabrestantes tracionar o fio, parando assim a produção no setor gerando gastos.

#### **2.2.6.2.3 Manutenção Corretiva Programada**

A programada ou planejada é quando conseguimos, a partir de um monitoramento ou por detecção, detectar uma não conformidade, ou seja, uma falha potencial que futuramente ocasionará a parada de máquina.

No caso do projeto, a partir de uma inspeção foi verificado que a correia estava mal alinhada com a polia podendo futuramente ocorrer à falha, parando a máquina. Identificado o problema foi preparado e planejado a manutenção do equipamento a fim de ser feita a correção em uma parada de produção que estava próxima.

#### **2.2.6.2.4 Manutenção Preventiva**

As ações de manutenção previamente realizadas com o objetivo de evitar que a máquina quebre paralisando a produção são manutenções preventivas, ou seja, tudo o que for destinado para evitar a falha/pane de um equipamento são chamadas de Manutenção Preventiva, alguns exemplos deste tipo de manutenção são: limpezas, lubrificação, reapertos, inspeções, ajustes e etc.

Este tipo de manutenção é realizado de forma sistemática, conforme o plano de manutenção montado estrategicamente podendo ser realizado conforme ao tempo, ciclo, produtividade e etc.

Na frequência relacionada ao tempo, o equipamento passará por uma ação da manutenção somente quando o mesmo atingir uma data limite, por exemplo, uma máquina de trefilação tem uma frequência de um mês, isso quer dizer que de mês a

mês é realizado uma atividade da manutenção a fim de identificar ou evitar futuros problemas (falha potencial).

Pela frequência relacionada ao ciclo, o equipamento passará por ação da manutenção quando atingir certo número, por exemplo, uma lâmpada que tem uma duração média de duas mil horas, assim que atingir esta quantidade de horas ela será trocada, evitando assim que ocorra a falha deixando um ambiente escuro.

Já a frequência relacionada à produtividade, o equipamento só passará por ação de manutenção quando produzir certa quantidade, por exemplo, uma máquina de trefilação que ao passar por uma produção de 200 mil toneladas de fio, o cabrestante será trocado.

Estes são alguns exemplos de frequências que uma preventiva pode ter, em algumas empresas é classificado o grau de importância de determinada inspeção ou sistemática a partir no que ela impacta para a empresa, como por exemplo, a segurança, qualidade ou disponibilidade. Segurança, caso afete a segurança de um funcionário ou ao meio ambiente, qualidade caso afete a qualidade do produto ou disponibilidade caso afete a produção de uma máquina se não for feita a preventiva.

#### **2.2.6.2.5 Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva é um tipo de manutenção que precisa de uma mão de obra com conhecimento técnico específico, a partir de inspeções o equipamento será monitorado e acompanhado, tendo como principal objetivo acumular dados para que assim consigamos aumentar a vida útil de um equipamento com a detecção de possíveis falhas, fazendo assim deste tipo de manutenção a ideal para quem queira uma maior produtividade, confiabilidade e segurança em seus equipamentos.

Pela necessidade de precisar deste tipo de mão de obra, técnicas de inspeção que provavelmente necessitarão de alguma empresa especializada no assunto para fazer esta atividade, o custo para realizar a atividade poderá ser alto, mas objetivando uma máquina crítica/gargalo da fábrica que caso tenha a pane inesperada afete diretamente a produção ela terá um grande impacto positivo.

Neste tipo de manutenção procuramos pelos sintomas de falha através de técnicas específicas, com o principal objetivo de prever as panes o mais depressa possível, reduzindo assim a gravidade das panes e eliminando eficazmente o tempo de parada da máquina.

Nesta manutenção, como já falado acima, possuímos várias técnicas para detectarmos possíveis sintomas, algumas delas são:

- Termografia Infravermelha;
- Detecção de ruídos ultrassônicos;
- Análise das correntes de motores;
- Ferrografia;
- Análise Visual;
- Análise do Óleo;
- Análise estrutural.

Resumindo, com o uso deste tipo de manutenção conseguimos ver um aumento no MTBF aumentando a produção, diminuindo os custos de manutenção e uma queda brusca no número de deparagens, porém, o custo de realização dela pode vir a ser alto.

#### **2.2.6.2.6 Manutenção Detectiva**

Este tipo de manutenção como a própria palavra diz tem a função de detectar possíveis falhas, mas o que diferencia de uma preditiva ou uma preventiva é que nela conseguimos detectar falhas ocultas e a partir disso, gera uma ação de manutenção corretiva programada para a correção desta falha.

Um exemplo para este tipo de manutenção pode ocorrer em várias situações tanto no meio fabril como em hospitais, shoppings e entre outros, que é na verdade o teste de detector de gás ou fumaça.

### 2.2.6.2.7 Engenharia de Manutenção

A Engenharia da Manutenção é onde fazemos todo o estudo em cima de uma máquina ou subconjunto, uma empresa que utiliza esta prática consegue grandes avanços na diminuição das falhas e aumento da disponibilidade para a produção.

Para chegar a este resultado, a empresa terá de criar um banco de dados com todo o histórico da máquina, panes realizadas, preventivas e preditivas feitas, softwares modernos são utilizados para este tipo de serviço fazendo assim toda a gestão de manutenção.

Um software pode registrar qualquer atividade de manutenção e todos os tipos de detalhes necessários, em nosso projeto utilizamos um programa que ele pode nos dar várias informações da ação de manutenção, como:

- Máquina;
- Subconjunto;
- Descrição do problema;
- Descrição detalhada de como o problema foi resolvido;
- Tempo de Máquina Parada;
- Horas de mão de obra utilizadas;
- Classe de Falhas.

Com todos esses dados e mais alguns podemos ter um diagnóstico completo da máquina, como por exemplo, o MTTR, Ratio, Número de Depanagens, custo por consequência da parada, taxa de pane, MTBF como já foi falado e entre outros.

Não apenas da máquina, mas como também do funcionário, as horas gastas por cada equipe em determinada máquina ou em determinado tipo de trabalho, sendo dividida em Corretiva Não Programada, Corretiva Programada, Inspeção, Sistemática, Modificação, Nova Instalação e até formações feitas pelos funcionários.

Com tudo isto, existe uma equipe especializada que utiliza destes dados vindos do próprio software para estudar a máquina, o seu histórico de manutenção e fazer propostas de melhorias como principal objetivo de manutenção.

Seus principais objetivos são:

- Melhorar a gestão das pessoas;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Aumentar a disponibilidade de máquina;
- Aumentar a segurança;
- Diminuir a necessidade de peças de reposição com panes inesperadas;
- Realizar projetos de melhoria contínua.

#### 2.2.6.2.8 Comparativo

Não existe um tipo de manutenção que é mais barata ou mais cara, o que define isto será como a corretiva, preventiva e preditiva será utilizada. Pode ocorrer de uma manutenção corretiva ser mais viável para um tipo de equipamento do que inserir uma estratégia de preditiva ou preventiva, mas caso esteja envolvendo uma máquina gargalo/crítica a melhor opção é uma estratégia de preventiva ou preditiva aumentando a produtividade da máquina não interrompendo a produção ou prevendo quando terá de parar a produção para que seja feito o trabalho necessário, diminuindo o custo e aumentando a eficiência e a qualidade do equipamento.

Logo abaixo um exemplo de custo x tempo na manutenção de ativos:

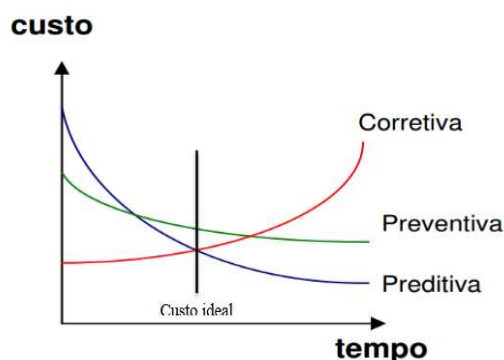


Figura 73 – Modelo de Custo x Tempo de Manutenção em Ativos - Cavalcante & Almeida, 2005.

### **2.2.6.2 Concepções de Manutenção**

Nos dias atuais temos três concepções de manutenção que são mais utilizadas, a aplicação delas depende em que tipo de empresa está sendo implementado e se a fábrica tem condições de poder aplicar cada uma delas, podendo uma delas trazer um resultado positivo para uma empresa e negativa em outra, são elas:

- MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade;
- RBM (Risk Based Maintenance) – Manutenção Baseada no Risco;
- TPM (Total Productive Maintenance) – Manutenção Produtiva Total.

#### **2.2.6.2.1 MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade**

Conforme dito por Fernando Fuentes, a Manutenção Centrada na Confiabilidade é baseada em análises técnica feitas desde o início da vida do equipamento e a partir dela será criada uma estratégia de manutenção para que assim possa se evitar a falha.

Tem por objetivo identificar as tarefas necessárias para ter-se uma ótima preventiva realizada com um bom custo/benefício, identificar as falhas funcionais, classificar e determinar qual será a prioridade em cima de falhas funcionais e sempre preservando o funcionamento da máquina.

O interesse na confiabilidade de um equipamento criou forças na década de 50 onde estava deixando de lado a metodologia da corretiva visto o custo que gerava, nesta época também que tivemos estudos onde pela primeira vez foi falado sobre a curva da banheira, onde acompanhava a quantidade de falhas de acordo com a vida útil das máquinas, este estudo levou a novos padrões da representação do modo de falha, alguns exemplos conforme abaixo:

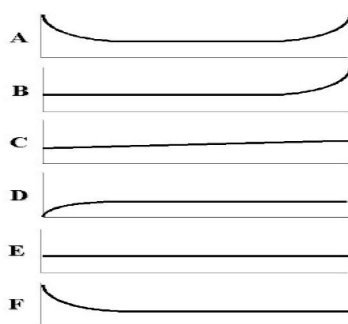


Figura 74 – Exemplos de modos de falha (Eixo Y: falha e Eixo X: tempo) - SHERWIN, 1999

### 2.2.6.2.2 RBM – Manutenção Baseada no Risco

Conforme dito por Luis Cyrino, primeiro devemos definir o que é risco, conhecido como a probabilidade de que algo possa ocorrer causando um determinado problema aos equipamentos, funcionários, ambiente ou custo.

A Manutenção Baseada no Risco é um método sistemático para administrar os riscos e assim determinar o nível de criticidade de determinada máquina ou equipamento, assim conseguiremos definir qual máquina devemos dar mais atenção. Esta devida atenção servirá para que o pessoal de manutenção saiba, quando aparecer um possível problema, onde e como deverá atuar.

Para ser utilizada a metodologia RBM, deve ser usada como base quatro etapas, são elas:

- Idealizar os cenários prováveis de falhas potenciais;
- Avaliar os riscos com diferentes metodologias;
- Criação da matriz de risco;
- Planejamento de Manutenção dos riscos encontrados.

Até a terceira fase deve ser levado alguns pontos em consideração, são eles, na primeira fase será necessário uma base de dados já existentes, na segunda fase algumas metodologias que podem ser utilizadas são a FTA que é a árvore de análise de falhas e o mais conhecido FMEA – Análise de Modos de falhas e Efeitos e na terceira fase será criado a matriz de risco mas sendo esta variando de empresa para

empresa por cada processo ter a sua particularidade fazendo com que a mesma máquina pode ter sua criticidade variada para cada empresa, segue abaixo um exemplo básico de uma matriz de risco:

Probalidade \ Consequência	Baixa	Moderado	Alto
Alto	Baixa	Moderado	Alto
Moderado	Baixa	Moderado	Alto
Baixa	Baixa	Moderado	Alto

Figura 75 – Matriz de Risco - Elaborada pelos autores

### 2.2.6.2.3 TPM – Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total foi criada no Japão com o objetivo de melhorar o sistema Just in Time focando apenas em eliminação das perdas de produção e a partir disso, foi apenas se inovando até chegar onde está hoje, desmembrada em 8 pilares, sendo eles, a Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Melhorias Específicas, Educação e Treinamento, Manutenção da Qualidade, Controle Inicial, TPM administrativo, e TPM – Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

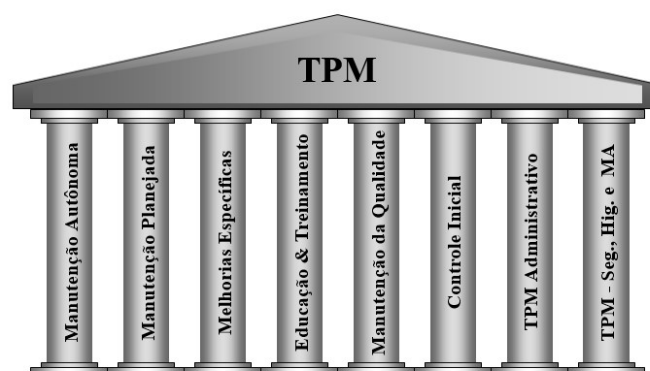


Figura 76 – Os 8 Pilares da TPM - Adaptado Kardec (2001, p.185)

De acordo com o blog da Engenharia da Manutenção, os oito pilares se dão pelas seguintes descrições, o primeiro pilar, que fala sobre a Manutenção Autônoma, onde algumas conhecem pela frase “da minha máquina cuido eu”, neste pilar é onde os operadores serão formados tecnicamente para estarem habilitados a fazer pequenos reparos nas máquinas ou até mesmo inspecionar e lubrificar os equipamentos.

O segundo pilar é a de Manutenção Planejada, onde o foco será os planos de manutenção, categorizar o tipo de plano que é Inspeção ou Sistemática, definir e criar a tarefas para preventiva como também analisa-los e alterá-los, para conseguirmos melhoria em cima dele como, por exemplo, uma melhoria de duração da preventiva a fim de conseguir melhores resultados na produção.

O terceiro pilar é o de Melhorias Específico, também chamado de Melhorias Individualizadas, onde se procura por perdas em todo o processo de produção, desde a recepção do material a ser modelado até o produto final e entrega, sendo o seu método de melhoria contínua o Kaizen fortalecendo os pilares da TPM, as principais ferramentas para melhoria contínua é a Análise dos 5 porquês, Método dos 7 Passos e Análise PM.

O quarto pilar é o de Educação e Treinamento, nele está toda a parte de formação do pessoal de manutenção e operação, para eles serem capazes de fazer os reparos em máquina sem que cometa erros, focando nesta parte podemos ter grandes resultados tanto em disponibilidade de máquina por conta dos funcionários terem uma noção melhor do funcionamento e possíveis falhas, como também para a segurança dos seus funcionários.

O quinto pilar é o de Manutenção da Qualidade, como o próprio nome já diz será focado na extinção às perdas relacionadas à qualidade do produto, se focarmos na melhoria da qualidade da máquina iremos melhorar também a qualidade do produto final, será necessário neste pilar um monitoramento das atividades frequente para termos um comparativo dos resultados da máquina.

O sexto pilar nos diz sobre Controle Inicial, nele partir das experiências já vividas e com as análises feitas de acordo com a atual situação, irá adquirir novos equipamentos e aplicar tudo que aprendeu com problemas passados aos projetos

futuros, neste pilar que o projeto para, por exemplo, um novo maquinário, será feito evitando qualquer tipo de inconveniente que foi vivido no passado, pegando trabalhos planejados e aplicando neste novo projeto busca a falha zero.

O sétimo pilar é o TPM Administrativo, também chamado de TPM Office, como o próprio nome já situa, nele teremos melhorias feitas na parte administrativa para que assim seja evitado o retrabalho. O TPM como dito acima, não foca apenas em manutenção em si, mas no processo como um todo, neste pilar é um exemplo disso onde o foco é o processo administrativo. Nesta parte pode ser falado de diversos assuntos, como por exemplo, a melhoria da comunicação entre a parte técnica e administrativa, parte desta melhoria pode ser dada até mesmo por uma simples organização e definição do setor e estabelecendo metas a serem batidas.

O último pilar é Segurança, Higiene e Meio Ambiente, também chamado de TPM ECO, aqui é de onde surge o termo “Zero acidentes” em uma fábrica, onde também pensamos mais no colaborador, afinal, não conseguimos fazer uma indústria andar sem o bem estar dos seus funcionários, nenhum empregado gostaria de trabalhar em uma empresa onde tenha falta de segurança ou uma má higiene ou que não zele pelo Meio Ambiente, isto na verdade não é bem visto nem pelos seus consumidores e acionistas. Portanto neste pilar deve ser rigorosamente acompanhado a legislação ambiental e trabalhista para que se consiga uma boa produtividade dos seus funcionários, vale destacar também que uma metodologia tem grande participação neste pilar, o 5S.

### **2.2.7 Custos**

Conforme dito nos artigos pela empresa Engeman, toda fábrica tem uma de suas maiores preocupações o custo, afinal quanto menor o custo maior o lucro em cima do que é produzido. Por conta disto temos setores que trabalham apenas com este objetivo, reduzir custo e otimização dos gastos.

É de extrema importância que seja adotado algumas estratégias de melhoria contínua, principalmente no setor de manutenção, onde caso não seja monitorado

podemos ter um gasto muito alto desnecessário. Com as tecnologias inseridas atualmente podemos ver o retorno financeiro vindo da manutenção, perda de produção por parada de máquina, mão de obra qualificada para atuar nas máquinas que tiveram corretivas emergenciais como também as peças de reposição de equipamentos que não estavam programados para fazer trocas são os principais vilões quando se fala em custo da manutenção.

Podemos dividir o custo em três classes, são eles:

- Custos Diretos;
- Custos Indiretos;
- Custos Induzidos.

#### **2.2.7.1 Custos diretos**

O custo direto onde envolve a mão obra utilizada, que seria o pagamento de um funcionário por hora trabalhada, as peças de reposição que foram necessárias para fazer a troca de um subconjunto que veio a quebrar inesperadamente, serviços externos e até mesmo as ferramentas utilizadas, uma plataforma elevatória, por exemplo, em casos de manutenção que requerem Trabalho em Altura.

#### **2.2.7.2 Custos Indiretos**

Os custos indiretos envolvem o lucro cessante, que acontece quando uma máquina gargalo, ou seja, importante para o processo, deu algum problema parando a produção e sem produção leva a empresa a deixar de ganhar dinheiro e temos também outros exemplos como energia elétrica consome de água etc.

### **2.2.7.3 Custo Induzido**

Para Jhonata Teles, o custo induzido para a manutenção é quando algum erro impactou diretamente o caixa da empresa, um exemplo é uma falha na qualidade do produto, causada por conta de uma lubrificação excessiva em um rolamento em que o excesso pode ter caído no produto, fazendo assim a perda do produto ou até mesmo a perda do cliente que não ficará satisfeito.

### **2.2.7.4 CAPEX e OPEX**

#### **2.2.7.4.1 CAPEX**

Conforme diz Louremir Jeronimo, temos o CAPEX e OPEX, onde o CAPEX é o investimento que a fábrica irá fazer em determinado equipamento, ele é a base para calcularmos o retorno no investimento que fizermos em um projeto. No CAPEX ele envolve desde o custo de aquisição até o de instalação do equipamento visando uma melhoria de produção, na manutenção ou de bem estar em uma empresa, no nosso caso, será o quanto teremos de investir para fazer a substituição de um sistema correia/polia por um motoredutor e ver em quanto tempo teremos o retorno financeiro necessário, visando um maior tempo de disponibilidade da máquina para a produção.

#### **2.2.7.4.2 OPEX**

O OPEX é referente a todos os custos para manter o equipamento em funcionamento, as despesas e investimentos da manutenção do mesmo, a mão-de-obra qualificada a troca do óleo para ser feito a lubrificação necessária para manter o equipamento funcionando como também em outros equipamentos que precisam de outro tipo de energia para manter o equipamento em funcionamento como ar comprimido, água e eletricidade.

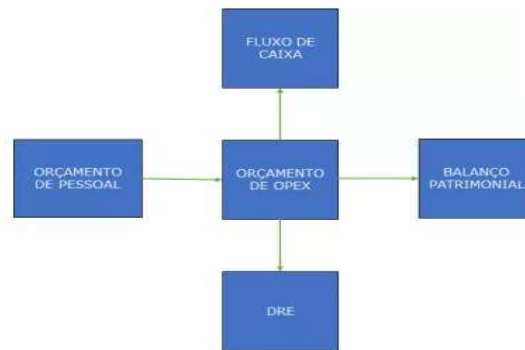


Figura 77 – Orçamento de OPEX – Elaborada por Louremir Reinaldo Jeronimo

## 2.2.8 Normas Regulamentadoras

As Normas regulamentadoras, mais conhecidas como NR, são normas que tem a finalidade de resguardar a segurança e a saúde do trabalho, sendo obrigatórias as aplicações destas normas em empresas tanto públicas e privadas, em órgãos públicos e também pelos órgãos de Poderes Judiciário ou Legislativo, caso haja empregados conforme a CLT (Consolidação das Leis do Trabalho).

Caso essas normas não sejam cumpridas, o empregado sofrerá penalidades previstas na legislação, já que é considerado ato faltoso, de modo injustificável, o empregador não cumprir as suas obrigações com a saúde e segurança do trabalho.

Aplicado ao nosso projeto, vimos a necessidade de NR 12, na qual falamos a seguir.

### 2.2.8.1 NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

De modo geral, esta norma regulamentadora tem a função de determinar referências técnicas, medidas de proteção para resguardar a saúde dos trabalhadores, estabelecendo os mínimos requisitos para evitar acidentes e doenças do trabalho na etapa de projeto, operação dos equipamentos e máquinas e também

na fabricação, importação, comercialização, em todos os ramos econômicos, sem causar qualquer dano às demais normas regulamentadoras.

De forma mais específica, o empregador deve adotar medidas de proteção para os seus funcionários, onde essas medidas de proteção deverão ser adotadas, em ordem de prioridade, conforme mostrado a seguir:

- Medidas para equipamento de proteção coletiva (EPC);
- Medidas administrativas;
- Medidas para equipamentos de proteção individual (EPI).

Estas proteções devem ocorrer em arranjos físicos e instalações, instalações e dispositivos elétricos, dispositivos de partida, acionamento e parada, sistemas de segurança, dispositivo de parada de emergência, componentes pressurizados e transportadores de materiais.

Veja a seguir um exemplo de proteção de máquinas e equipamentos:



Figura 78 – Adequação NR12 – Site Norma Regulamentadora

### 3. Metodologia

O projeto de dimensionamento e seleção de um acionamento motoredutor aplicado em uma indústria de fabricação de pneu iniciou-se com a identificação de falhas no sistema de produção de uma trefiladora de cabos para uma fábrica de pneus. Tais falhas se tornaram periódicas e causaram prejuízos diversos.

Na análise de falha foi constatado que uma caixa de polias e correias responsável por transmitir a potência do motor elétrico para o cabrestante possui aspectos físicos que a tornaram obsoleta para executar a tarefa de transmitir a potência necessária, causando a quebra e rompimento de seus elementos diversos, com isso, custos relacionados à manutenção e a quebra de produção pelo equipamento parado se tornaram fatores de alto impacto no orçamento.

A manutenção não programada e o equipamento parado causaram prejuízos financeiros à operação tendo assim a necessidade de se aprimorar o processo.

Dadas as circunstâncias e baseado nos dados informados pela manutenção, o projeto consiste em substituir a caixa de polias por um motoredutor de engrenagens, além disso, criar uma prospecção de manutenção preventiva com base em análises preliminares e dadas do fabricante do motoredutor. Estimar seu payback comparando todo custo gerado com o sistema vigente contra a aquisição do projeto e seu plano de manutenção e montar um processo operativo mais confiável e menos propício a prejuízos.

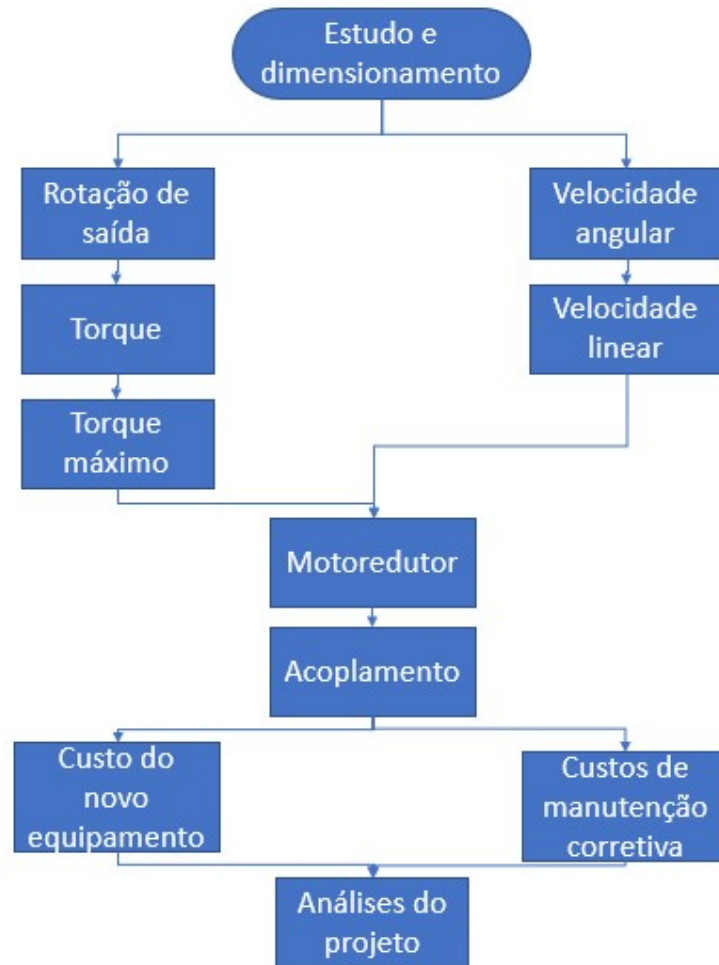


Figura 79 – Fluxograma do projeto – Elaborado pelos autores

### 3.1 Metodologia do dimensionamento

Primeiro passo a ser feito é saber com o que estamos trabalhando, para isto é preciso os dados técnicos do motor elétrico e também o desenho técnico do nosso sistema dado como o Fator de Serviço, tensão, corrente e RPM estarão presentes na parte externa da carcaça do motor conforme imagem abaixo:



Figura 80 – Placa com informações do motor elétrico – Motor do subconjunto do projeto.

- Relação de transmissão – Correia/Polia: Deve-se determinar a relação de transmissão do sistema correia/polia para assim saber qual devem ser o torque e a rotação que sairá no final do sistema e assim começarmos a ter noção de qual acionamento moto redutor iremos utilizar em nosso projeto, para isto utiliza-se a forma:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Onde:

$n_1$  = Rotação da polia motora, em RPM;

$n_2$  = Rotação da polia movida, em RPM;

$D_1$  = Diâmetro da polia motora, em mm;

$D_2$  = Diâmetro da polia movida, em mm.

Sabendo isto, pode ser achado o torque e a rotação em cada polia, chegando assim até o cabrestante onde é o ponto final do sistema.

- Torque: Feito o cálculo de qual será a rotação de saída do conjunto, devemos calcular o torque que será imposto no sistema. Achando este torque podemos

mais para frente utilizar esta informação para nos ajudar a selecionar o motoredutor correto.

$$T = \frac{72620 \times P}{Ns}$$

Onde:

$T$  = Torque, em Kgf.cm;

$P$  = Potência, em HP;

$Ns$  = Rotação de saída do conjunto, em rpm.

- Torque Máximo: Precisaremos do torque máximo para definir qual acoplamento será usado no sistema, para isto utiliza a seguinte forma:

$$T_{max} = T \times Ip$$

Onde:

$T_{max}$  = Torque máximo, em N.m;

$T$  = Torque, em N.m;

$Ip$  = Corrente de pico, sem grandeza de medida (tabelado conforme catálogo SEW).

- Velocidade Angular: Calculamos a velocidade angular para que posteriormente descobríssemos a velocidade linear, pela seguinte fórmula:

$$\frac{\omega_1}{R_2} = \frac{\omega_2}{R_1}$$

Onde:

$\omega_n$  = Velocidade angular, em rad/s;

$R_n$  = Raio da polia, em mm.

- Velocidade Linear: É calculada também a velocidade linear no final do sistema para que assim consigamos começar a analisar a quantidade em metros de fios que passa pelo cabrestante, a fórmula é:

$$V = \omega \times R$$

Onde:

V = Velocidade Linear, em m/s;

$\omega$  = Velocidade Angular, em rad/s;

R = Raio do cabrestante, em m.

- Relação de Transmissão – Moto redutor: Para saber a relação de transmissão que terá o moto redutor, primeiramente devo definir de quantos eixos será nosso moto redutor, para um de dois eixos podemos fazer pela seguinte forma:

$$i_{mr} = \frac{N_e}{N_s}$$

Onde:

$i_{mr}$  = Relação de transmissão;

$N_e$  = Rotação de entrada, em rpm;

$N_s$  = Rotação de saída, em rpm.

Com esta informação podemos agora já ter a noção do diâmetro de nossa engrenagem, por exemplo, se nossa relação for igual a dois (2), quer dizer que o diâmetro de uma engrenagem deve ter o dobro da outra.

- Seleção do Moto Redutor: Sabendo a relação de transmissão necessária e como será utilizado na empresa, já podemos iniciar o processo de pesquisas de empresas que podem nos oferecer o serviço necessário, por exemplo, a SEW, Geremia, WEG CESTARI e entre outros;
- Seleção do acoplamento: Com os dados de torque máximo e furo máximo necessário no conjunto, podemos selecionar o acoplamento. Visto empresas como Acoplast e PTI Corp;
- Custos – Sistema correia/polia: Após ter feito o dimensionamento, começaremos a analisar todos os custos envolvidos com o antigo sistema correia/polia em corretivas não programadas, primeiro será apurado os custos de mão de obra em depanagem, para isso será pego os dados via MBI, nele estará contido o registro tanto do funcionário quanto de ação da manutenção e a quantidade de horas que determinado funcionário ficou em serviço, para saber o custo utilizaremos a fórmula:

$$C_m = t \times HH$$

Onde:

$C_m$  = Custo de mão de obra, em R\$;

$t$  = Tempo de manutenção, horas e minutos em decimal;

$HH$  = custo da hora dos deparadores, horas e minutos em decimal.

Feito isto teremos de calcular o custo com peças de reposição, para isto pegaremos todas as ordens de trabalho referentes a problemas no sistema correia/polia e será visto todas as ordens que tiveram gastos com peça de reposição e será pego o total para ser somado no final com as outras despesas.

Por último, o lucro perdido com a produção, para isto precisaremos dos seguintes dados, tempo de máquina parada em corretivas não programadas, quanto à máquina produz por hora e quanto custa o quilo do fio, assim utilizaremos a seguinte fórmula:

$$C_p = t_i \times P_d$$

Onde:

$C_p$  = Lucro perdido na produção, em R\$;

$t_i$  = Tempo de Inatividade da máquina, em decimal;

$P_d$  = Produção por hora da máquina em relação ao quilo, em R\$.

- Preventiva: Será criado a partir das especificações dos equipamentos do projeto, um novo plano de manutenção a fim de assegurar o bom funcionamento e rendimento do sistema;
- Análise econômica: Após analisarmos os motoredutores e visto todo nosso lucro perdido e custos envolvidos com manutenção corretiva não programada, montaremos um fluxo de caixa e assim completar o estudo da viabilização do moto redutor.

## 4. Análise e Resultados

### 4.1 Memória de Cálculo

Baseado nas prescrições do modelo em operação, realizamos os cálculos para dimensionar o sistema utilizando motoredutor, a fim de atender todas as especificações do equipamento.

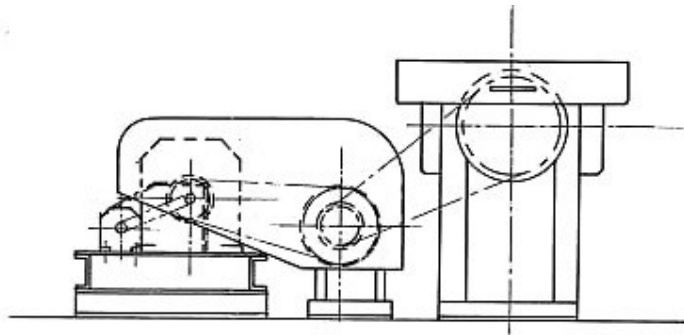


Figura 81 – Conjunto motor elétrico e caixa de polias e correias – Elaborado pelos autores

#### 4.1.1 Rotação de Saída

A rotação de saída da caixa redutora foi calculada com base nos dados adquiridos no sistema anterior (correia e polia).

$$\frac{n_1}{n_{2,3}} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\frac{1775 \text{ rpm}}{n_{2,3}} = \frac{315 \text{ mm}}{132 \text{ mm}}$$

$$n_{2,3} = 743,81 \text{ rpm}$$

$$\frac{n_{2,3}}{n_4} = \frac{D_4}{D_3}$$

$$\frac{743,81 \text{ rpm}}{n_4} = \frac{355 \text{ mm}}{160 \text{ mm}}$$

$$n_4 = 335,24 \text{ rpm}$$

#### 4.1.2 Velocidade Angular

A velocidade angular encontrada na caixa reductora teve base nos dados adquiridos no sistema anterior (correia e polia).

$$\omega_1 = 1775 \text{ rpm} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$\omega_1 = 185,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\frac{\omega_1}{R_2} = \frac{\omega_{2,3}}{R_1}$$

$$\frac{185,88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{157,50 \text{ mm}} = \frac{\omega_{2,3}}{66 \text{ mm}}$$

$$\omega_{2,3} = 77,89 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\frac{\omega_{2,3}}{R_4} = \frac{\omega_4}{R_3}$$

$$\frac{77,89 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{177,50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = \frac{\omega_4}{80 \text{ mm}}$$

$$\omega_4 = 35,11 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

### 4.1.3 Velocidade Linear

A velocidade linear foi calculada a partir da velocidade angular encontrada anteriormente.

$$V = \omega \times R$$

$$V = 35,11 \frac{rad}{s} \times 179mm$$

$$V = 6232,03 \frac{mm}{s}$$

$$V = 6,232 \frac{m}{s}$$

### 4.1.4 Relação de Transmissão

A relação de transmissão é calculada a partir das rotações encontradas anteriormente.

$$i = \frac{N_e}{N_s} \rightarrow$$

$$i = \frac{1775}{335}$$

$$i = 5,29 \cong 5,30$$

### 4.1.5 Torque

A partir da rotação de saída encontrada e a potência informada, conseguimos calcular o torque de saída.

$$T = \frac{72620 \times 40 \text{ HP}}{335,24 \text{ rpm}}$$

$$T = 8664,83 \text{ Kgf.cm}$$

Transformando para N.m, temos:

$$T = 8664,83 \text{ Kgf.cm} \times 0,098$$

$$T = 849,73 \text{ N.m} \cong 850 \text{ N.m}$$

#### 4.1.6 Torque Máximo

O torque máximo será necessário para o dimensionamento do acoplamento que será utilizado.

$$T_{max} = T \times Ip$$

$$T_{max} = 850 \text{ N.m} \times 3,3 = 2805 \text{ N.m}$$

#### 4.2 Motoredutor

Conforme os dados técnicos necessários obtidos e as fórmulas descritas anteriormente, foi possível dimensionar um motoredutor que atenda a no mínimo as especificações abaixo:

- Potência – 40 HP;
- Rotação de Saída – 335 rpm;
- Torque de Saída – 850 N.m;

- Torque Máximo – 2805 N.m;
- Acessórios: Freio e Pintura anticorrosiva.

De acordo com estes dados, realizamos a pesquisa de empresas com catálogos do ramo, foi escolhido o catálogo da SEW, a partir dele escolhemos um motoredutor do modelo **F97 DRN180LP4** (ANEXO A), com os seguintes dados:

- Rotação de entrada - 1775 rpm;
- Rotação de Saída – 338 rpm;
- Torque de Saída – 850 Nm;
- Fator de Serviço – 2.5;
- Posição de montagem – M5;
- Acessórios – Freio e Pintura anticorrosiva;
- Grau de Proteção: IP55.

O acessório freio justifica-se pela segurança em uma parada de emergência ou no momento quando for realizada a manutenção do equipamento e a pintura anticorrosiva por se tratar de um ambiente com produtos químicos entorno.

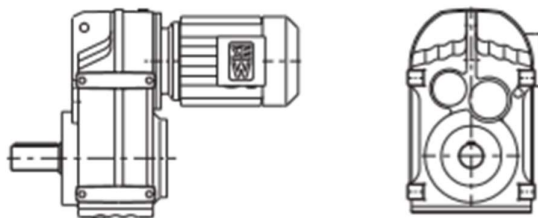


Figura 82 – Motoredutor modelo F97 DRN180LP4 – Catálogo SEW

### 4.3 Acoplamento



Figura 83 – Acoplamento tipo GC02 – Site Korbrás

Foi identificado que o eixo do cabrestante possui um diâmetro para entrada de 60 mm, constatado isto recorreremos a solução de utilizar um acoplamento, após a análise e pesquisa chegamos à conclusão de que seria utilizado um acoplamento de engrenagens da PTI Corp tipo **GC02** (ANEXO B) e a escolha foi baseada nos seguintes dados:

- Diâmetro de saída do motoredutor – 70 mm;
- Diâmetro de entrada do cabrestante – 60 mm;
- Rotação de saída – 850 rpm;
- Torque Máximo – 2.805 Nm;

Os dados do acoplamento são:

- Torque Nominal – 4270 Nm;
- Torque Máximo – 8540 Nm
- Rotação Máxima – 3700 rpm;
- Furo Máximo – 78 mm;
- Furo Mínimo – 25,4 mm.

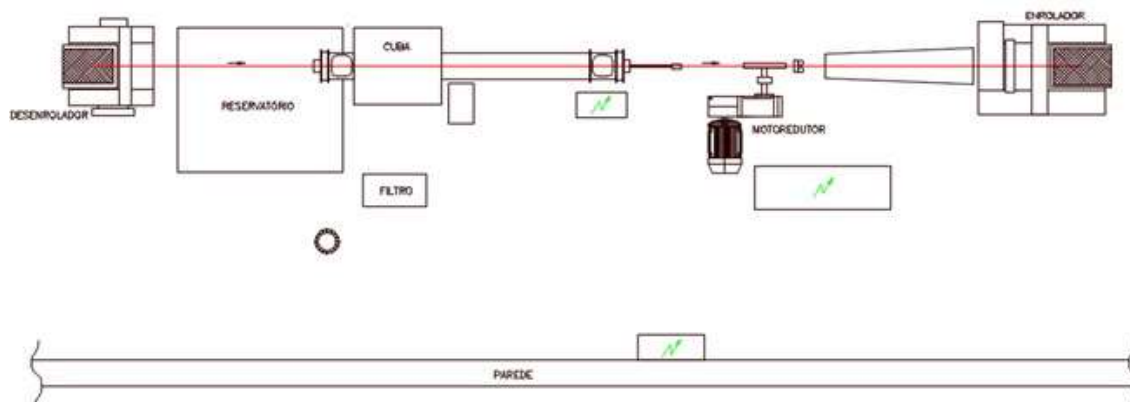


Figura 84 – Vista superior do conjunto máquina trefiladora com motoredutor – Elaborado pelos autores

#### 4.4 Custo do Novo Equipamento

Com todo o maquinário selecionado foram vistos os custos que teríamos com este equipamento, incluindo ICMS e transporte, sendo ele:

- Motoredutor – R\$ 42.050,00;
- Acoplamento – R\$ 3.500,00;
- Total – R\$45.550,00;

#### 4.5 Custos de manutenção corretiva

Foi calculado toda perda causada por falhas emergenciais, ou seja, que não era esperado no processo dentro de um período de um ano. Os registros destas falhas foram cedidos pela empresa, os dados seguem na tabela abaixo:

Equipamento	Custo em peças de reposição	Máquina Parada (h)	Mão de Obra (h)
M661-01	R\$ 18.781,93	72,61666667	62,63333333

Tabela 2 – Despesas com o equipamento – Elaborado pelos autores

#### 4.5.1 Despesas por HxH

Ocorreu uma grande perda por custo indireto, sendo uma delas por mão de obra necessária para o serviço. Foi calculado baseado o quanto um funcionário desta empresa ganha por hora em serviço multiplicado por vezes que foi necessário a mão de obra do mesmo.

$$C_m = t \times HH$$

$$C_m = 62,63333333 \times R\$ 14,20$$

$$C_m = R\$889,346$$

#### 4.5.2 Perda com produção

Como é uma falha emergencial, a empresa não espera ter de parar a produção por conta da máquina parada, o cálculo foi feito através de quanto tempo a máquina ficou parada por quanto em reais a máquina produz por hora, baseado ao quanto é vendido o quilo. Abaixo o cálculo da perda com produção:

$$C_p = t_i \times P_d$$

$$C_p = 72,61666667 \times R\$ 1516,375$$

$$C_p = R\$ 110.114,10$$

### 4.5.3 Gasto com Peças de Reposição

Foi coletado informações de todas as despesas com peças de reposição utilizadas em caso de falha emergencial. No total, dentro do período estipulado, foram gastos R\$ 18.781,93.

### 4.5.4 Perda total

Com todas as despesas calculadas, pode-se falar o total de perda no sistema hoje em operação sendo um total de:

$$\text{Custo Total} = R\$889,346 + R\$ 110.114,10 + R\$ 18.781,93$$

$$\text{Custo Total} = R\$ 129.785,376$$

## 4.6 Análises do projeto

Sendo o motoredutor um equipamento mais robusto, a expectativa é de que ele não falhe nos primeiros anos de operação, tendo a necessidade apenas de uma preventiva a cada 6 em 6 meses que será feito em sincronia com a parada da máquina determinada estrategicamente para futuros reparos e inspeções.

A viabilização do projeto pode ser dada a partir de uma projeção comparando o período analisado (15 de janeiro de 2018 a 15 de janeiro de 2019) utilizando o sistema antigo e com a mesma quantidade de tempo com o uso do motoredutor. Os gráficos abaixo mostram as despesas a cada 6 meses dentro de um período de um ano, tanto para o sistema correia e polia quanto com a substituição do motoredutor.

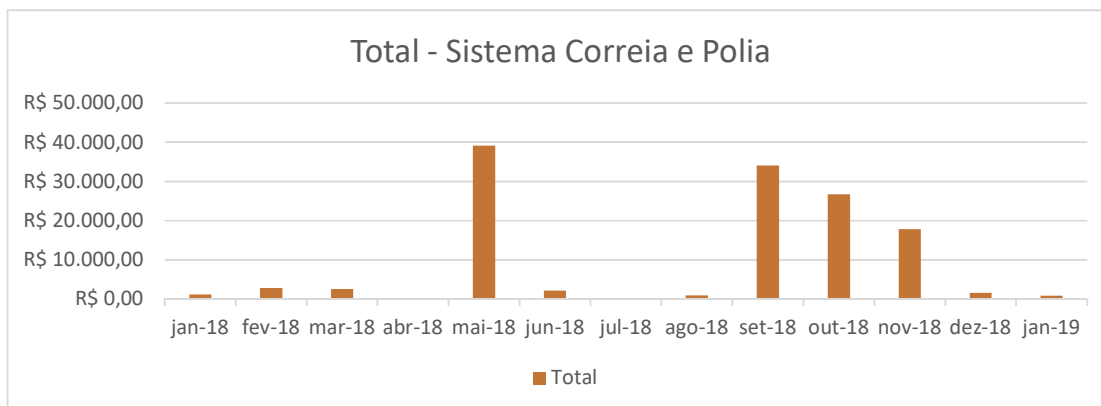


Figura 85 – Gráfico do custo com a operação do sistema atual – Elaborado pelos autores

Para o gráfico a seguir utilizaremos datas futuras para a projeção com o novo sistema, e será inserido o valor do novo equipamento no primeiro mês que seria o gasto com a aquisição do motoredutor. Consideramos que o equipamento não irá falhar dentro deste período, mas precisando de uma manutenção preventiva envolvendo inspeção e sistemática. A inspeção terá uma duração de 1h e 30 minutos utilizando duas pessoas, porém faremos ela junto com a parada que o conjunto da máquina faz para a preventiva dela que dura em torno de 1h e 30 minutos com uma pessoa. Da mesma estratégia faremos com a sistemática, portanto para o custo da mão de obra serão utilizadas 2 pessoas para 1h e 30 minutos de serviço. Custos com perda de produção não será aplicado por se tratar de uma parada de produção programada.

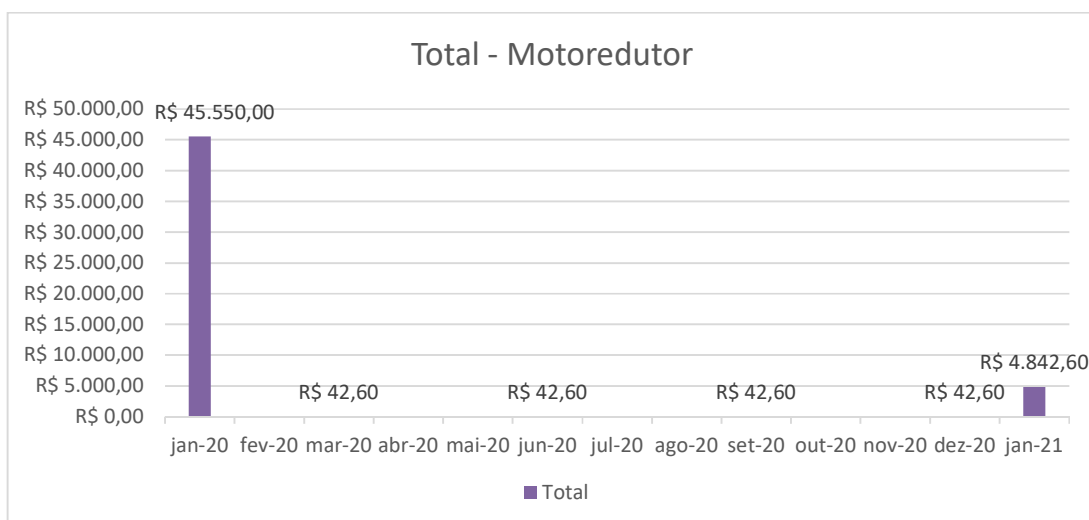


Figura 86 – Projeção do próximo ano com motoredutor - Elaborado pelos autores

Logo abaixo, uma projeção de 5 anos com o motoredutor novamente com uma expectativa que não falhe o equipamento. Esta estimativa foi feita através de dados do fornecedor e opinião de pessoas que tem mais vivência com motoredutores.

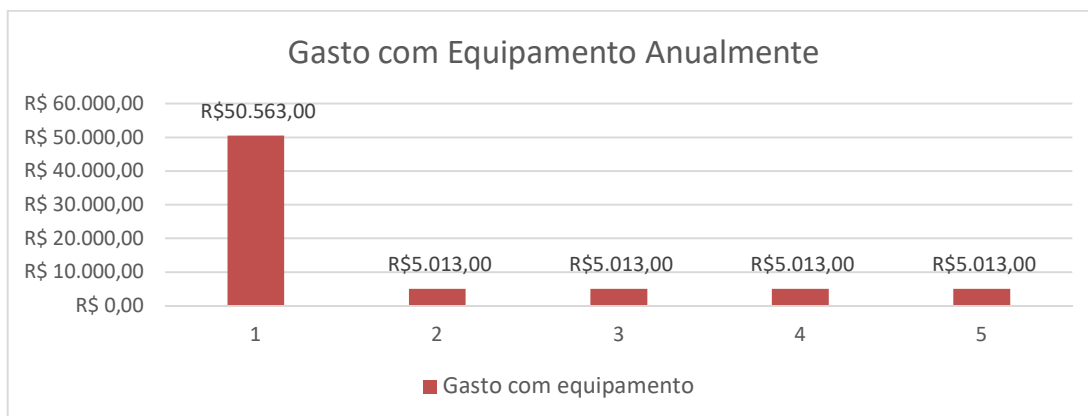


Figura 87 – Projeção de 5 anos com o uso do novo equipamento – Elaborado pelos autores

#### 4.7 Preventivas do sistema

Com o equipamento definido, foi possível montar dois planos de manutenção para o equipamento utilizando as recomendações do fornecedor, o primeiro fará o uso de duas pessoas por 1,5 horas e será feito a cada 3 meses. As tarefas e o tempo de atividade foram organizados conforme padrão da empresa. Segue tabela abaixo:

<b>Descrição do Plano</b>	<b>Tarefas</b>	<b>Descrição da Tarefa</b>	<b>Descrição Longa</b>
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	10	Bloqueio da máquina, utilizando LOTO com cadeado de segurança	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	20	Redutor – Verificar Nível do óleo	Deverá ter uma quantidade de 18,5 litros. Olhar nível indicado no bujão
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	30	Redutor – Verificar se há ruídos	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	40	Redutor – Verificar se há vazamentos nas vedações	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	50	Redutor – Verificar se todos os bujões estão apertados	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	60	Redutor – Verificar se a válvula de respiro está fixada corretamente	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	70	Redutor – Verificar se os parafusos da tampa de inspeção estão bem apertados	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	80	Motor – Verificar se existem danos nos cabos de conexão	
<b>PM3-3M-I-M661-01-0001</b>	90	Desbloquear a máquina seguindo sequência do LOTO	

Tabela 3 – Preventiva trimestral – Elaborada pelos autores

Já a segunda preventiva terá uma demanda maior de tempo, sendo ele anual com a mesma quantidade de pessoas da preventiva anterior por conta de ser um serviço mais pesado que precise desmontar alguns subconjuntos do motoredutor. Segue tabela abaixo:

<b>Descrição do Plano</b>	<b>Tarefas</b>	<b>Descrição da Tarefa</b>	<b>Descrição Longa</b>
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	10	Bloqueio da máquina, utilizando LOTO com cadeado de segurança	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	20	Substituir os rolamentos do motor	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	30	Aplicar a lubrificação dos componentes	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	40	Realizar a troca da vedação	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	50	Retocar a pintura de proteção anticorrosiva	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	60	Motor – Inspeccionar o freio	Medir espessura do disco do freio
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	70	Motor – Inspeccionar as passagens do ar de refrigeração	
<b>PM1-1A-S-M661-01-0002</b>	80	Desbloquear a máquina seguindo sequência do LOTO	

Tabela 4 – Preventiva Anual – Elaborado pelos autores

## 5. Conclusão

O estudo realizado apresentou-se muito eficaz por proporcionar um avanço significativo na aplicação de uma tecnologia aprimorada nos meios de produção numa fábrica de pneus, estabelecendo um novo horizonte onde o objetivo é a produção eficaz e o custo aprimorado.

Baseado no estudo, dimensionamento e substituição de um elemento chave de uma máquina trefiladora, uma caixa de polias, que apresentava problemas frequentes e causava transtornos, prejuízos e atraso na produção. Foi selecionado um motoredutor junto à empresa SEW com a finalidade de substituir a caixa de polias e correias e assim assegurar uma produção estável, dentre as características do equipamento que o torna tão eficiente para tal fim estão a estabilidade, pois se trata de um sistema fechado onde os vapores e a atmosfera contaminante não o afetam, robusto por poder trabalhar por vários dias sem parar e por contar com sistemas de lubrificação que auxilia no controle da temperatura e de segurança atuando com freios.

Depois de selecionado o motoredutor, foi criado um plano de manutenção para manter a vida útil do conjunto e não causar paradas repentinas, e com auxílio dos manuais e especificações do fabricante foi possível projetar um custo anual da manutenção do novo conjunto e um novo impacto financeiro para a indústria de pneus.

Avaliando os custos no período de um ano onde a caixa de polias e correias operavam e a projeção do motoredutor é constatado que em um ano é possível obter o retorno do investimento total comparando o gasto anual de ambos os sistemas.

A importância de estar atento as novas tecnologias e buscar aperfeiçoar os processos faz toda a diferença num ambiente onde aprimorar custos significa aumentar o retorno financeiro, e assim poder se tornar cada vez mais competitivo.

## 6. Referências

ACOPLST BRASIL. Disponível em <<https://www.acoplastbrasil.com.br/o-que-e-motoredutor/>> Acessado em 09/05/2019 as 14:14.

CIMM. Disponível em <<https://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/591-manutencao-corretiva>> Acessado em 10/05/2019 as 10:58.

ENGETELES. Disponível em <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>> Acessado em 10/05/2019 as 10:59.

CITISYSTEMS. Disponível em <<https://www.citisystems.com.br/manutencao-corretiva/>> Acessado em 10/05/2019 as 10:59.

INDÚSTRIAHOJE. Disponível em <<https://industria hoje.com.br/o-que-e-manutencao-preventiva>> Acessado em 10/05/2019 as 11:04.

ENGETELES. Disponível em <<https://engeteles.com.br/o-que-e-manutencao-preventiva/>> Acessado em 10/05/2019 as 11:05.

TEMPLUM. Disponível em <<https://certificacaoiso.com.br/e-manutencao-preditiva-2/>> Acessado em 10/05/2019 as 11:11.

ESSEL. Disponível em <<https://essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/23manu2.pdf>> Acessado em 15/05/2019 as 11:52.

CIÊNCIAMÃO. Disponível em <[http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=\\_pmd2005\\_i2102](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2005_i2102)> Acessado em 15/05/2019 as 12:29.

TODAMATÉRIA. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/polias/>> Acessado em 15/05/2019 as 12:39.

FÍSICA E VESTIBULAR. Disponível em <<http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/dinamica/polias-e-roldanas/>> (acesso em 15/05/2019 as 13:03.

BRASIL ESCOLA. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/roldanas.html>> Acessado em 16/05/2019 as 07:57.

GALVAMINAS. Disponível em <<http://www.galvaminas.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-roldanas-e-saiba-para-que-servem/>> Acessado em 16/05/2019 as 07:58.

CORREIA UNIVERSAL LTDA. Disponível em <http://www.correiasuniversal.com.br/correias-transmissao> (acesso em 27/05/2019 as 08:17).

MULTIBELT. Disponível em <http://www.multibelt.com.br/produtos/correias-em-v/> Acessado em 27/05/2019 as 08:18.

CORREIAS UNIVERSAL LTDA. Disponível em <http://www.correiasuniversal.com.br/correias-planas-transmissao> Acessado em 27/05/2019 as 08:55.

CORREIAS UNIVERSAL LTDA. Disponível em <http://www.correiasuniversal.com.br/correias-dentadas-industriais> Acessado em 27/05/2019 as 09:14.

CORREIAS UNIVERSAL LTDA. Disponível em <http://www.correiasuniversal.com.br/correias-sincronizadoras-revestimento> Acessado em 27/05/2019 as 09:43.

ETEPIRACICABA. Disponível em [http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3\\_ciclo/projetos\\_mecanicos.pdf](http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3_ciclo/projetos_mecanicos.pdf) Acessado em 05/06/2019 as 08:01)

DA SILVA, T. F. Efeitos dos Parâmetros de Trefilação nas Propriedades Mecânicas e Microestruturais do aço SAE 1015 Trefilado. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

FRANCHESCI, A; ANTONELLO, M. G. Elementos de Máquinas. Disponível em [https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/ctism/cte/wp-content/uploads/sites/413/2018/12/01\\_elementos\\_maquina.pdf](https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/ctism/cte/wp-content/uploads/sites/413/2018/12/01_elementos_maquina.pdf) Acessado em 05/06/2019 as 08:13.

MM BORGES, Disponível em [http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont\\_html/trefilacao.htm](http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/trefilacao.htm) Acessado em 05/06/2019 as 08:19.

CIMM. Disponível em [https://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/6495-trefilacao-introducao#.XPex-BZKh1s](https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6495-trefilacao-introducao#.XPex-BZKh1s) Acessado em 05/06/2019 as 08:25.

KARDEC, A.; RIBEIRO, H. Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma. 1. ed. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2002.

FUENTES, F. F. E. Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial. 2006. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ABRAMAN. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/arquivos/72/72.pdf>>  
Acessado em 11/06/2019 as 09:14.

SEDUC. Disponível em <[https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/10/mecanica\\_elementos\\_de\\_maquinas.pdf](https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/10/mecanica_elementos_de_maquinas.pdf)>  
Acessado em 10/06/2019 as 14:58.

MANUTENÇÃO EM FOCO. Disponível em <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/rbm-manutencao-baseada-em-riscos/>>  
Acessado em 27/05/19 as 15:30.

TREASY. Disponível em <<https://www.treasy.com.br/blog/capex-x-opex/>> Acessado em 28/05/19 as 17:19.

GRADUS. Disponível em <<https://www.gradusct.com.br/tpm/>> Acessado em 17/05/19 as 13:41.

ORÇAMENTO EMPRESARIAL. Disponível em <<https://orcamentoempresarial.com/2018/07/09/orcamento-de-opex-analisando-e-gerenciando-as-despesas-empresariais/>> Acessado 15/05/19 as 18:27.

ENGETELES. Disponível em <<https://orcamentoempresarial.com/2018/07/09/orcamento-de-opex-analisando-e-gerenciando-as-despesas-empresariais/>> Acessado 02/05/19 as 16:47

NORMA REGULAMENTADORA. Disponível em <<https://www.normaregulamentadora.com.br/adequacao-nr12>> Acessado 23/08/19 às 09:15

GUIA TRABALHISTA. Disponível em <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>> Acessado 23/08/19 às 08:53.

GUIA TRABALHISTA. Disponível em <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>> Acessado em 23/08/19 às 08:48.

MANCAIS DE DESLIZAMENTO. Disponível em <<http://www.santafecomercial.com.br/mancais-deslizamento>> Acessado em 05/09/2019 às 09:59.

MANCAIS DE ROLAMENTO. Disponível em <<https://www.rterolamentos.com.br/mancais-rolamentos-mancal-rolamento.php>>  
Acessado em 05/09/2019 às 10:10.

MANCAIS HIDROSTÁTICOS. Disponível em <  
<https://www.directindustry.com/pt/prod/zollern/product-13709-1466697.html> >  
Acessado em 05/09/2019 às 10:14.

MANCAIS HIDRODINÂMICOS. Disponível em <  
<https://www.zollern.com/br/tecnologia-acionamento/mancais-hidrostaticos/mancais-especiais-de-teste-hidrostaticos.html> > Acessado em 05/09/2019 às 10:22.

MANCAL AEROSTÁTICO. Disponível em < <https://www.zollern.com/br/tecnologia-acionamento/mancais-aerostaticos.html> > Acessado em 05/09/2019 às 10:29.

O QUE SÃO MANCAIS. Disponível em < <https://www.abecom.com.br/o-que-sao-mancais/> > Acessado em 05/09/2019 às 10:37.

ANEXOS

ANEXO A – CATÁLOGO PARA SELEÇÃO DO MOTOREDUTOR (SEW)

F..DR/DZ/DX  
F..D.. [kW]

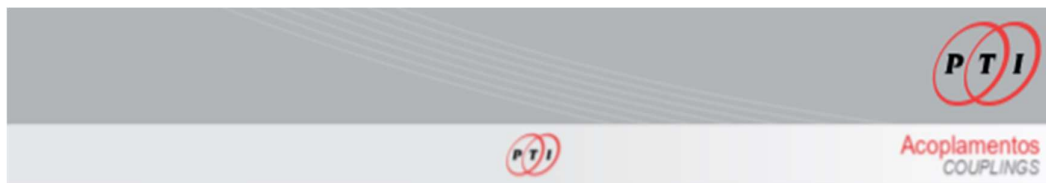


9

$P_m$ [kW]	$n_a$ [rpm]	$M_a$ [Nm]	$i$	$F_{Ra}^{(1)}$ [N]	SEW $f_B$		$m$ [kg]		
30	14	20300	125,14	92900	0,90				
	16	17600	108,49	96700	1,05				
	18	15600	96,53*	98000	1,15				
	21	13900	85,80*	95000	1,30	FA	157	DV 200L4	880 386
	23	12700	78,46	94100	1,40	FAF	157	DV 200L4	920 385
	26	11100	68,28*	92600	1,65	F	157	DV 200L4	880 384
	29	9750	60,25	90900	1,85	FF	157	DV 200L4	960 385
	34	8450	52,24	88900	2,1				
	38	7520	46,48*	87100	2,4				
	50	5790	35,75*	82600	1,90	FA	157	DV 200L4	880 386
					FAF	157	DV 200L4	910 385	
					F	157	DV 200L4	880 384	
					FF	157	DV 200L4	960 385	
20	14100	87,31*	85100	0,85					
	12200	75,41*	86900	1,00					
	11300	70,07	86800	1,05					
	10300	63,91	86800	1,15	FA	127	DV 200L4	610 382	
	9950	55,31	86000	1,35	FAF	127	DV 200L4	650 381	
	7900	48,80	85300	1,50	F	127	DV 200L4	650 380	
	6820	42,15	84200	1,75	FF	127	DV 200L4	660 381	
	6030	37,28	83100	2,0					
	5070	31,33	81500	2,4					
	4350	26,96	79600	1,95	FA	127	DV 200L4	600 382	
3980	24,57	78900	2,1	FAF	127	DV 200L4	630 381		
				F	127	DV 200L4	630 380		
				FF	127	DV 200L4	660 381		
35	8210	50,73	39300	0,95	FA	107	DV 200L4	485 378	
	6960	43,03	39600	1,10	FAF	107	DV 200L4	485 377	
	6090	37,61	39700	1,25	F	107	DV 200L4	480 376	
	5150	31,80	39400	1,50	FF	107	DV 200L4	510 377	
64	4480	27,57	39000	1,75	FA	107	DV 200L4	455 378	
	4070	25,14	38700	1,95	FAF	107	DV 200L4	475 377	
	3520	21,78*	38000	2,2	F	107	DV 200L4	470 376	
	3110	19,20*	37400	2,5	FF	107	DV 200L4	495 377	
80	3580	22,11	15800	1,20					
	3250	20,07	16100	1,30					
	2790	17,25	16300	1,55					
	2440	15,08	16400	1,75					
	2070	12,77	16400	2,1	FA	97	DV 200L4	390 373	
	1810	11,16	16300	2,3	FAF	97	DV 200L4	415 372	
	1470	9,06	15200	1,60	F	97	DV 200L4	400 371	
	1330	8,22	15100	1,75	FF	97	DV 200L4	425 372	
	1140	7,07	14800	2,1					
	1000	6,17	14500	2,3					
850	5,23	14200	2,5						
37	16	21700	108,49	87500	0,85				
	18	19300	96,53*	88700	0,95				
	21	17100	85,80*	86800	1,05				
	23	15700	78,46	86200	1,15	FA	157	DV 225 S4	910 386
	26	13600	68,28*	87400	1,30	FAF	157	DV 225 S4	970 385
	29	12000	60,25	86400	1,50	F	157	DV 225 S4	930 384
	34	10400	52,24	85000	1,75	FF	157	DV 225 S4	1040 385
	38	9280	46,48*	83600	1,95				
	44	8000	40,06	81700	2,3				
	50	7140	35,75*	80100	1,55	FA	157	DV 225 S4	900 386
					FAF	157	DV 225 S4	960 385	
					F	157	DV 225 S4	930 384	
					FF	157	DV 225 S4	1030 385	
25	14000	70,07	58200	0,85					
	12800	63,91	59700	0,95					
	11000	55,31	61200	1,10					
	9740	48,80	61000	1,25	FA	127	DV 225 S4	660 382	
	8410	42,15	60500	1,45	FAF	127	DV 225 S4	660 381	
	7440	37,28	59600	1,60	F	127	DV 225 S4	660 380	
	6250	31,33	58700	1,90	FF	127	DV 225 S4	740 381	
	5050	25,30	57000	2,4					

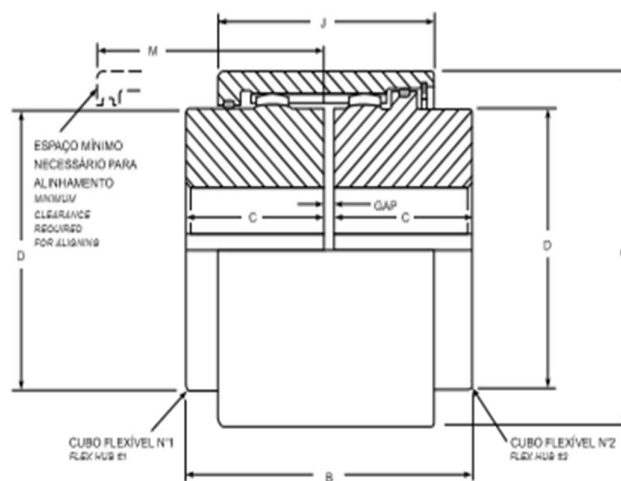
9

## ANEXO B – CATÁLOGO DE SELEÇÃO DO ACOPLAMENTO DE ENGRENAGENS (PTI CORP)



### Acoplamento - Tipo GC02

Coupling - GC02 Type



Item. Size	Torque Nominal Torque (Nm) Ⓣ	Rotação Máxima Max. Rotation (rpm) Ⓣ	Puro máximo Max. Bore (mm) Ⓣ	Puro mínimo Min. Bore (mm) Ⓣ	Peso do acopl. sem furo Coupl. weight w/o bore (kg)	Peso do Lubrificante Lube Weight (kg)	Dimensões / Dimensions (mm)						
							A	B	C	D	J	M	GAI*
1010GC	1 140	5300	50	12,7	3,45	0,0113	88,9	88,8	42,9	68,6	61,2	65	3
1015GC	2 950	4300	65	19,0	6,17	0,0283	109,2	101,6	49,3	86,4	76,2	81	3
1020GC	4 270	3700	78	25,4	11,3	0,0425	132,1	127,0	62,0	105,2	94,5	99	3
1025GC	7 470	3300	98	31,8	21,3	0,0652	163,6	159,0	77,0	130,6	109,1	116	5
1030GC	12 100	2900	111	38,1	34,0	0,0936	190,5	187,4	91,2	152,4	119,9	126	5
1035GC	18 500	2600	134	50,8	51,7	0,1219	215,9	218,8	106,4	177,8	133,5	140	6

0000

Vide Notas de Referências na página 07.

See Reference Notes on page 07.