



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA



**DIÓGENES VIEIRA MOREIRA, HUGO DIAS CORRÊA, RICARDO ELIAS
TEIXEIRA e ULISSES TAVARES ALVES BARBOSA**

EXTRATOR MECÂNICO MANUAL PARA 10 TONELADAS

VOLTA REDONDA

2020

**DIÓGENES VIEIRA MOREIRA, HUGO DIAS CORRÊA, RICARDO ELIAS
TEIXEIRA e ULISSES TAVARES ALVES BARBOSA**

EXTRATOR MECÂNICO MANUAL PARA 10 TONELADAS

Dissertação apresentada ao curso ENGENHARIA MECÂNICA do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Alexandre Fernandes Habibe

Coorientador: Prof. Alexandre Alvarenga

Palmeira

VOLTA REDONDA

2020



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA



DIÓGENES VIEIRA MOREIRA, HUGO DIAS CORRÊA, RICARDO ELIAS
TEIXEIRA e ULISSES TAVARES ALVES BARBOSA

EXTRATOR MECÂNICO MANUAL PARA 10 TONELADAS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“ENGENHEIRO MECÂNICO”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE ENGENHARIA
MECÂNICA

Prof. MSc. Diniz Felix dos Santos
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Alexandre Alvarenga Palmeira
1º Membro da banca/Orientador/UniFOA

Prof. Alexandre Fernandes Habibe
2º Membro da banca/UniFOA

Prof. Rui Aurélio Barbosa
3º Membro da banca/UniFOA

Junho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos familiares que sempre acompanharam a todos nessa nossa trajetória, com a paciência, pois não foi fácil.

Aos mestres que nos proporcionaram o conhecimento profissional.

À instituição UNIFOA que nos receberam com os braços abertos e hoje podemos dizer: nosso muito obrigado.

MOREIRA, D. V; CORRÊA, H. D; TEIXEIRA, R. E; BARBOSA, U. T. A, **Extrator Mecânico para dez toneladas**. 2020. Dissertação (ENGENHARIA MECÂNICA) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2020.

RESUMO

Muito se tem discutido sobre os meios para proporcionar o ambiente de trabalho na indústria mais seguro. O extrator é uma ferramenta que foi desenvolvida para facilitar procedimentos, agilizar montagens e desmontagens. Nesse sentido, o presente trabalho pauta os tipos mais comuns de extratores empregados no ramo industrial, assim como, sua finalidade e facilidade, manuseio de um extrator de rolamento e suas aplicações no ambiente de trabalho, mostrando seus modelos e as forças que cada tipo de extrator pode exercer, mostrando variedades de extratores que pode variar com número de garras e tamanhos dos extratores, onde o extrator de rolamento poderá ser utilizado, podendo ser empregado em lugares de difícil acesso e aonde necessita fazer força em um pequeno espaço, sendo que sem o auxílio do extrator de rolamento pode se tornar uma situação difícil de trabalho. Mostramos também suas vantagens e desvantagens e se é mais viável fazer um extrator ao invés de comprar um. Também, como o extrator de rolamento pode diminuir quebras de equipamentos e diminuindo bastante as paradas de equipamentos para troca de algum rolamento reduzindo possíveis acidentes de trabalho tornando a atividade na indústria mecânica das quais apresentariam risco de acidentes, muito mais segura. Portanto, foi feito estudos para o dimensionamento de cada componente do extrator de polias e rolamentos com três garras e capacidade máxima de força de até dez toneladas. Entre as opções acessíveis de materiais a serem empregados e utilizados para o tamanho do extrator proposto, concluímos que a fabricação artesanal deste equipamento não é rentável, se comparado com os tipos existentes no mercado e de fácil aquisição. Portanto, a contribuição desta pesquisa, cujo sistema respeita os requisitos de segurança exigidos, reforça a utilização do extrator para locais de difícil acesso, aumentando da vida útil de equipamentos; afim de reduzir o esforço físico realizado pelo operador e maximizar a eficiência dos processos industriais.

Palavras-chave: Extrator Manual, Mecânica, Rolamento.

MOREIRA, D. V; CORRÊA, H. D; TEIXEIRA, R. E; BARBOSA, U. T. A, **Mechanical puller**. 2020. Dissertation (Professional Master of Material) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2020.

ABSTRACT

Much has been discussed about ways to provide a safer working environment in the industry. The extractor is a tool that was developed to facilitate procedures, speed up assembly and disassembly. In this sense, the present work guides the most common types of extractors used in the industrial branch, as well as, its purpose and ease, handling of a bearing extractor and its applications in the work environment, showing its models and the forces that each type of puller can exercise, showing varieties of pullers that can vary with number of claws and sizes of pullers, where the bearing puller can be used, can be used in places of difficult access and where it needs to apply force in a small space, and without the aid of the bearing puller can become a difficult work situation. We also show its advantages and disadvantages and whether it is more feasible to make an extractor instead of buying one. Also, as the bearing extractor can reduce equipment breakages and greatly reduce the equipment stops to change any bearing, reducing possible accidents at work making the activity in the mechanical industry of which they would present risk of accidents, much safer. Therefore, studies were carried out to design each pulley and bearing extractor component with three claws and a maximum force capacity of up to ten tons. Among the accessible options of materials to be used and used for the size of the proposed extractor, we conclude that the artisanal manufacture of this equipment is not profitable, when compared with the types available on the market and easy to acquire. Therefore, the contribution of this research, whose system respects the required safety requirements, reinforces the use of the extractor for places of difficult access, increasing the useful life of equipment; in order to reduce the physical effort made by the operator and maximize the efficiency of industrial processes.

Keywords: Manual Extractor, Mechanical, Bearing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diversos tipos de extratores.	13
Figura 2. Extrator hidráulico.	16
Figura 3. Funcionamento do Extrator Hidráulico.....	17
Figura 4. Conjunto Principal de Extrator pneumático.....	18
Figura 5. Mini Extrator com 3 garras.	19
Figura 6. Extrator mecânico.	19
Figura 7. Extrator mecânico de três braços.	21
Figura 8. Retro Extrator.....	22
Figura 9. Mini extrator com: (a) duas garras e (b) três garras.....	22
Figura 10. Extrator com estribo de fixação.	23
Figura 11. Extrator universal com garras delgadas.....	24
Figura 12. Separador do mancal.	24
Figura 13. Anel de Injeção.....	25
Figura 14. Definição de parafuso.....	26
Figura 15. Parafuso Passante.	27
Figura 16. Parafusos não passantes.	27
Figura 17. Parafuso de pressão.	28
Figura 18. Parafuso Prisioneiro.	29
Figura 19. Tipos de parafusos.	30
Figura 20. Modelo de parafuso.....	31
Figura 21. Rosca de perfil triangular.....	32
Figura 22. Rosca de perfil quadrada.	33
Figura 23. Parafuso de potência.....	33
Figura 24. Parafuso de potência com rosca quadrada.	34
Figura 25. Análise da força na interface porca-parafuso (a) levantamento de carga; (b) Abaixamento de carga.	35
Figura 26. a) A componente normal da força de rosca é aumentada por causa do ângulo α ; (b) O colar axial tem diâmetro friccional d_c	38
Figura 27. (a) O colar axial tem diâmetro friccional d_c . (b) A geometria da rosca quadrada é útil ao determinar as tensões de flexão e de cisalhamento transversal na raiz da rosca.	39

Figura 28. Fluxograma do desenvolvimento do projeto.	43
Figura 29. Curvas de Temperabilidade obtidas para alguns aços, pelo ensaio Jominy.	48
Figura 30. Perfil de Rosca Quadrada.	51
Figura 31. Análise da força na interface porca-parafuso (a) levantamento de carga; (b) Abaixamento de carga.	53
Figura 32. Fuso para extrator.	61
Figura 33. Rosca do Extrator.....	61
Figura 34. Garra do Extrator.....	62
Figura 35. Extrator com 3 garras montado.	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

C	Carbono
Mn	Manganês
P	Fósforo
S	Enxofre
kN	Quilo Newton
Mm	Milímetro
F _{máx}	Força máxima
GPa	Giga Pascal
Mpa	Mega Pascal
HB	Dureza Brinell
F	Força
σ_e	Limite de escoamento
d _m	Diâmetro médio
P	Passo
Λ	Ângulo de avanço da rosca
$\sum_{i=0}^n F_v$	Somatório das forças que atuam nas verticais
$\sum_{i=0}^n F_h$	Somatório das forças que atuam nas horizontais
T _r	Torque necessário para elevar carga
T _l	Torque necessário para abaixar a carga

Tan	Tangente
Sec	Secante
T_0	Torque requerido para elevar a carga com atrito zero
E	Eficiência
d_c	Diâmetro médio do colar
d_r	Diâmetro menor
A	Área da seção reta transversal
τ	Tensão nominal de torção
T	Torque
C	Raio
J	Momento polar de inércia
n_t	Número de roscas trabalhando
σ_b	Tensão de apoio
I	Momento de inércia

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensionamento do parafuso	40
Tabela 2 - Composição Química	46
Tabela 3 - Propriedades Mecânicas	47
Tabela 4 - Passos Preferidos para Roscas Acme	50
Tabela 5 – Área da Seção Transversal da Peça	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	RELEVÂNCIA	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	TIPOS DE EXTRATORES	15
2.2	RODS E SEPARADORES DE ROLAMENTOS.....	24
2.3	ANEL DE INJEÇÃO COM DISPOSITIVO EXTRATOR	25
2.4	PARAFUSOS.....	25
2.5	ROSCA	30
2.6	PARAFUSOS DE POTÊNCIA.....	33
2.7	MANCAL AXIAL OU COLAR	38
2.8	DIMENSIONAMENTO DE FIXAÇÃO DO PARAFUSO	41
3.	METODOLOGIA.....	43
3.1	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	44
4.	DESENVOLVIMENTO	46
5.	ORÇAMENTO/CUSTO	61
6.	CONCLUSÃO	64
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O objetivo é introduzir um extrator de polias para definir a ferramenta auxiliar ao colocar e ao retirar rolamentos e polias de eixos, pois devido as condições de uso torna-se impossível o trabalho dos mesmos manualmente. Sabendo-se que, além da oxidação natural que dificulta na retirada e muitas vezes no momento da montagem, a peça necessita de entrar com interferência, tornando sua montagem manual inviável e o uso de marretas, por exemplo, poderia danificar o equipamento devido ao impacto da mesma com o rolamento. (CASA DO MECÂNICO, 2015).

Os saca polias podem ser de duas a três garras ou mais, sendo necessário levar em consideração a magnitude da peça para definir os pontos de contato e garantir maior eficiência dos equipamentos. (CASA DO MECÂNICO, 2015).

Os extratores podem ser fabricados de diferentes tamanhos e/ou modelos, visando sua finalidade de uso de acordo com o tamanho do eixo. (MECÂNICA; industrial, 2008).

É importante levar em consideração que um puxador de polia normalmente é essencial em locais onde a força humana é incapaz de exercer a pressão absoluta, sendo imprescindível o cálculo preciso da pressão para não danificar o equipamento no momento do uso.

Logo, os extratores foram desenvolvidos para facilitar e agilizar o processo da montagem e desmontagem de rolamentos e de polias nos eixos, facilitando o trabalho sem o uso de ferramentas brutais, como por exemplo a marreta. (MECÂNICA; industrial, 2008).

1.1 RELEVÂNCIA

O extrator otimiza o trabalho realizado na indústria e também em outras áreas oferecendo alternativas de alta tecnologia com custos mais baixos na área de manutenção. Ele tem como finalidade a remoção de rolamentos, buchas, polias e engrenagens protegendo os componentes da máquina e a integridade física de quem

manuseia o equipamento, ou seja, reduzindo muito os riscos de acidentes no ambiente de trabalho. (VISÃO; rolamentos, 2019).

O extrator é um equipamento robusto e resistente de fácil manuseio, que consegue reduzir o esforço do usuário em relação às ferramentas para rolamentos convencionais como os parafusos. O mesmo busca atender ao maior número de aplicações possíveis, podendo ser fabricado em diferentes tipos e dimensões (Figura 1), com a capacidade de extração que gira em torno de 4 a 40 toneladas. (VISÃO; rolamentos, 2019).

Figura 1. Diversos tipos de extratores.



Fonte: MECÂNICA; industrial (2008).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Dimensionar o extrator de polias e de enrolamentos para auxiliar no processo de montagem e desmontagem em eixos de tamanhos variados visando agilizar as intervenções e minimizar as paradas das máquinas, aumentando a vida útil do equipamento e reduzindo o esforço físico realizado pelo operador, maximizando a eficiência do processo. Recomendado para locais de difícil acesso. (SKF, 2008).

1.2.2 **Objetivo Específico**

Projetar um saca polia rolamento de 3 garras com esforço máximo de 10 toneladas visando a retirada de componentes sem agressão dos mesmos, agilizando o processo de manutenção e reduzindo, assim, a parada de máquinas. Este trabalho objetiva realizar um processo de produção de um novo extrator de polias e de rolamentos baseados nos esforços encontrados dentro das indústrias mediante ao esforço físico do operador. (ELABORADO PELO AUTOR, 2020).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O extrator é uma ferramenta para remoção e colocação de várias polias mecânicas em peças. Há uma variedade de aplicações industriais e de consumo com o seu uso. São geralmente, projetados para segurar peças redondas que não têm pontos de apoio. (MECÂNICA, industrial, 2018).

2.1 TIPOS DE EXTRATORES

2.1.1 Extratores Hidráulicos

Os extratores hidráulicos (Figura 2) são empregados quando há uma necessidade ou uma força maior de extração que gira em torno de 40 a 400kn. (NSK, 2018).

Engrenagens, rolamentos, buchas e muitos outros componentes montados aquecidos podem ser desmontados com rapidez e facilidade. O peso reduzido do extrator permite o manuseio em qualquer posição. (NSK, 2018).

Se houver uma necessidade de retirar uma peça em uma profundidade maior, o extrator pode ser utilizado com braços mais compridos. Todos extratores hidráulicos de grande porte vêm com uma coberta transparente muito resistente. Essa coberta fica sobre a peça ou ferramenta e fixada com auxílio de uma fita de velcro. (NSK, 2018).

Tem como premissa o uso de um líquido para exercer a pressão necessária, para a montagem ou desmontagem, por isso deve ser feito de um aço de alta resistência conferindo durabilidade e confiabilidade a peça, seu uso é muito comum em locais onde é preciso uma grande pressão com precisão de aplicação permitindo paradas intermediárias no meio da aplicação. Podemos citar os puxadores hidráulicos movidos a bomba, onde uma bomba é responsável por tocar o sistema ficando ao operador apenas a necessidade de acompanhar o processo para evitar danos ao equipamento, e o manual onde o operador toca o sistema, normalmente por uso de uma alavanca, em ambos os casos um cilindro é acionado movimentando o conjunto. (NSK, 2018).

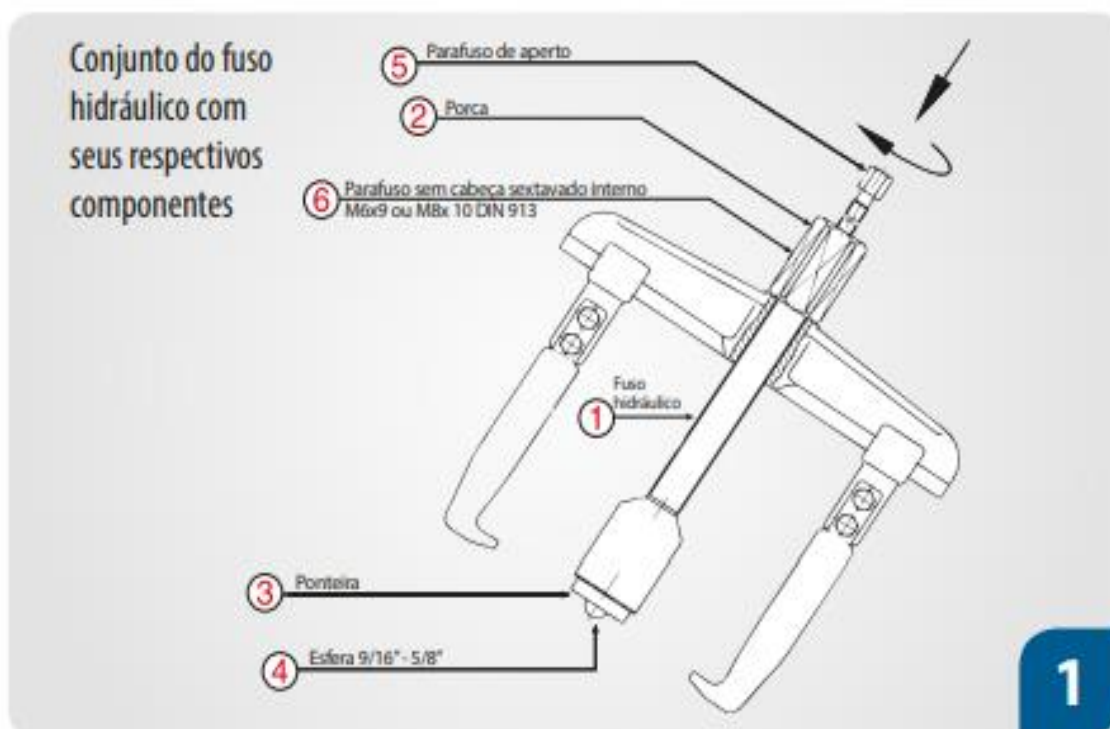
Figura 2. Extrator hidráulico.



Fonte: GERDORE (2015).

Funcionamento (Figura 3): Para um extrator de duas ou três garras deve ser adaptado um fuso hidráulico, com as garras estando preferencialmente equidistantes e em contato com a peça que se deseja extrair. A ponteira do fuso (4) pressiona a peça desejada. Após o encaixe, aciona a porca (2) sendo assim, aplicando uma pré-carga e após o parafuso de aperto (5), aplica um torque desejado, gerando uma força perpendicular ao êmbolo. Uma pressão interna é gerada na seção do êmbolo fazendo com que inicie o deslocamento do êmbolo de trabalho. Este processo faz com que seja permitido uma grande ampliação da força. (GERDORE, 2015).

Figura 3. Funcionamento do Extrator Hidráulico.



Fonte: GERDORE (2015).

2.1.2 Extratores Pneumáticos

De acordo com o mesmo princípio do extrator hidráulico, porém com diferença que será movido por um compressor para gerar a pressão necessária e, não será, possível fazer paradas intermediárias ao longo do processo de acoplagem ou desacoplagem, não permitido o uso de forças intermediárias.

É uma ferramenta (Figura 4) que proporciona uma operação rápida, segura e uma economia de tempo muito grande. Diminuindo, portanto, o custo de desmontagens. Empregado para extrair polias, rolamentos, rodas, buchas, entre outras peças entaladas.

Feito com aço de alta resistência garantindo ao equipamento uma confiabilidade e grande durabilidade, conseguindo exercer uma força que gira entre 5 toneladas e 50 toneladas, e uma pressão de 700 bar. (GERDORE, 2015).

Figura 4. Conjunto Principal de Extrator pneumático.



Fonte: ENERPAC (2019)

2.1.3 Extratores Manuais Tipo Parafuso

Uma rosca sem fim aliada a uma alavanca de acionamento, que ao prender a garra no rolamento e movimentar a alavanca a base da garra se movimenta no parafuso dando movimento a ferramenta sacando assim a polia ou rolamento do eixo, também deve ser feito de um aço de alta resistência para conferir durabilidade e confiabilidade a ferramenta, dentre os citados é o que promove menor força. Na figura 5 é mostrado um mini extrator com três garras, no qual é considerado um extrator manual tipo parafuso.(CASA DO MECÂNICO, 2019).

Figura 5. Mini Extrator com 3 garras.



Fonte: CASA DO MECÂNICO (2015).

2.1.4 Extratores Mecânicos

Os extratores mecânicos (Figura 6) são utilizados para o interior ou exterior, para rolamentos e parafusos danificados e permitem a remoção de mecanismos, tais como, rolamentos grimpados em eixos ou parafusos quebrados ou com roscas espanadas, podendo ser de vários tamanhos dependendo da aplicação a qual se destina. Aguenta uma grande pressão gerando um grande esforço sobre a peça, por isso, um cálculo preciso se faz necessário para que não gere danos ao eixo e rolamento no momento de seu uso. (GERDORE, 2015).

Figura 6. Extrator mecânico.



Fonte: GERDORE (2015).

Também são usados para desmontagens de polias, rodas dentadas e volantes fixos em um eixo. Sua capacidade pode chegar a 20 toneladas, com uma abertura das hastes em 270mm com curso máximo de 160mm, dentre suas vantagens estão: a praticidade do mecanismo de auto centragem possibilitando um posicionamento simultâneo das garras do extrator sobre o rolamento; ser compacto, ergonômico e utilizável em todas as posições por uma única pessoa sendo de baixo custo e seguro. Possui um dispositivo de bloqueio que impede que as garras se dobrem ou saiam da posição, quanto mais elevada for a força de extração, mais as garras se aproximam da peça. Resistente, feito a partir de aço temperado para uma resistência máxima multivalente, e conversível rapidamente em três ou duas garras conforme o espaço disponível.

Os extratores de dois braços são os mais utilizados por sua versatilidade, permitindo uma dupla utilização na direção das suas garras. Gera dois pontos de contato para retirada de rolamentos, exercendo grande pressão aguentando um grande esforço. (NSK, 2018).

2.1.5 Extrator Mecânico Com Duas Garras Deslizantes

Garras, corpo e suporte forjados em aço especial e niquelados. Os outros componentes são fosforizados. Assim ajuda a inversão de suas garras que facilita a extração de polias com apoio externo ou interno. (GERDORE, 2015).

2.1.6 Extrator Mecânico Com Duas Garras E Prolongadas

Tem a trava de acionamento mais ágil garantindo a facilidade no posicionamento e uma precisão das garras.

Um deslocamento robusto foi desenvolvido para suportar valores altos de tensões.

A produção do fuso é feita com aço especial. Este processo especial na produção da rosca e o seu endurecimento termoquímico garantem a mais alta resistência possível.

Na ponta do fuso usa-se diversas formas e a troca da esfera e da mesma podem ser trocadas facilmente e rapidamente. (GERDORE, 2015).

2.1.7 Extrator Mecânico De Três Braços

A facilidade e a eficiência na desmontagem de equipamentos de diferentes tamanhos podem ser obtidas por esse tipo de extrator (Figura 7). O uso deste equipamento garante que durante a desmontagem, não sejam causados danos ao rolamento nem ao seu eixo, pois seus três braços permitem uma melhor centralização e faz com que os esforços sejam melhores distribuídos pelo rolamento evitando danos ao mesmo. (GERDORE, 2015).

Figura 7. Extrator mecânico de três braços.



Fonte: GERDORE (2015)

2.1.8 Retro Extrator

É utilizado onde o extrator de garras tem o acesso restrito, devido ao pouco espaço ou onde é necessária uma extensão de braço mais longa, pois seu projeto especial de separador faz com que o extrator possa ser inserido entre o rolamento e o ressalto do eixo. Sua fixação atrás do rolamento permite o uso de uma menor força para desmontar o rolamento (Figura 8). (GERDORE,2015).

Figura 8. Retro Extrator.



Fonte: GERDORE (2015).

2.1.9 Mini extrator Com Duas Garras E Três Garras

É utilizado em serviços de pequeno porte, permite uma utilização rápida e prática. Sua utilização é feita para a extração de engrenagens, e rolamentos de diâmetros reduzidos. O seu uso é empregado para locais de difícil acesso, e por ser pequeno pode ser manuseado facilmente. Podendo ser manuseado em bornes de baterias. (GERDORE, 2015).

Possui uma força operacional que gira em torno de 1 tonelada a 1,2 toneladas, pode-se notar que é bem menor que um extrator comum (Figura 9). (GERDORE, 2015).

Figura 9. Mini extrator com: (a) duas garras e (b) três garras.



Fonte: GERDORE (2015)

2.1.10 Extrator Com Estribo De Fixação

Seu manuseio é empregado para a extração de alavancas de direção de veículos. Possui um sistema de segurança contra a abertura das garras, ou caso venha acontecer, um deslizamento da sua garra. (GERDORE, 2015).

Constitui de duas garras com extremidades funcionais, portanto, possibilitando variadas regulagens de profundidade de extração. Sua utilização pode ser tanto externamente ou internamente, dependendo apenas do trabalho a ser realizado (Figura 10). (GERDORE, 2015).

Possui uma capacidade de força operacional entre 5 toneladas a 8 toneladas.

Figura 10. Extrator com estribo de fixação.



Fonte: GERDORE (2015)

2.1.11 Extrator Universal Com Garras Delgadas

Parecido como uma tesoura ou alicate para pressionar a peça a ser extraída é utilizado onde se encontra em difícil acesso. E possui uma capacidade de força operacional entre 1,5 toneladas a 3,5 toneladas (Figura 11). (GERDORE, 2015).

Figura 11. Extrator universal com garras delgadas.



Fonte: GERDORE (2015)

2.2 RODS E SEPARADORES DE ROLAMENTOS

Devido a sua grande área de contato, promove a remoção até das partes mais delicadas como polias, rolamentos e buchas sem causar nenhum dano à essas peças. Seu funcionamento se dá ao ajustar a sua base de extração ao rolamento e após ajustar os parafusos para retirar a folga, como todo o rolamento será envolvido toda a carga será distribuída por igual, evitando pontos de estresse (Figura 12). (GERDORE, 2015).

Figura 12. Separador do mancal.



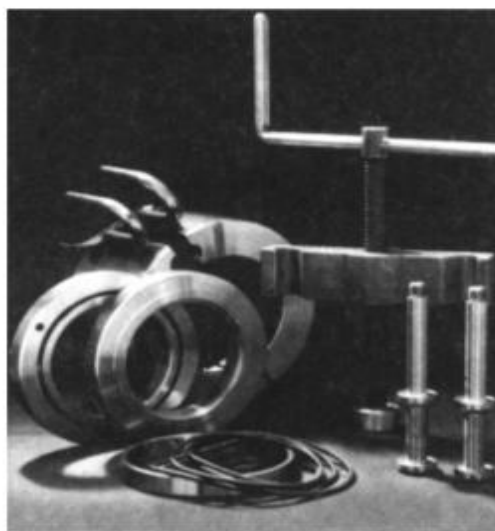
Fonte: GERDORE (2015)

2.3 ANEL DE INJEÇÃO COM DISPOSITIVO EXTRATOR

Serve para desmontar rolamentos em série usando óleo sob pressão em seus autocompensadores, pois caso o eixo não apresentar ranhuras ou canais na ferramenta que consta um anel de injeção que tem um embolo anular, com cobertura e um extrator mecânico (Figura 13).

Como é uma ferramenta feita sob medida para cada uso, é impossível especificar suas dimensões e peso. A ferramenta também pode vir junto com extrator hidráulico. (FERRAMENTA E SEUS ACESSÓRIOS, 2015).

Figura 13. Anel de Injeção.

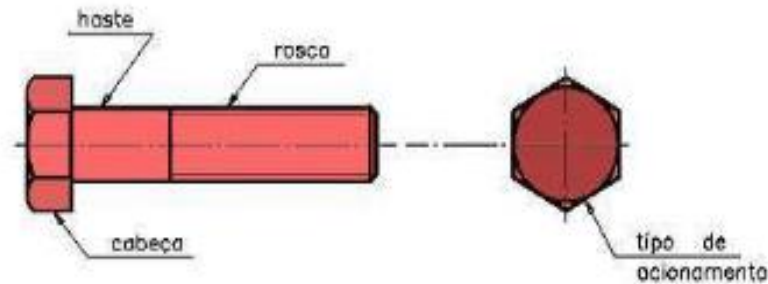


Fonte: FERRAMENTA E SEUS ACESSÓRIOS (2015).

2.4 PARAFUSOS

Os elementos de fixação são empregados na união não permanente da peça, elas podem ser ajustadas facilmente, precisando apenas apertar ou afrouxar o parafuso que mantém unidas as peças. Os parafusos podem ser diferenciados devido a sua forma da rosca, da cabeça e da haste de acionamento (Figura 14). (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Figura 14. Definição de parafuso.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009)

A cabeça do parafuso está relacionada ao tipo de acionamento, ou seja, um parafuso de cabeça sextavada é acionado por estria ou uma chave de boca. A maioria dos parafusos em geral são compostos por dois elementos, que são a cabeça e o corpo, a cabeça é aonde determina o tipo de acionamento e o corpo onde compõe as roscas, haste e filete. (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

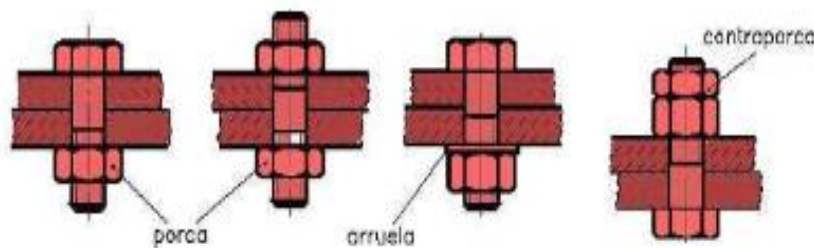
O parafuso pode ter dois tipos de corpo, que são cônicos ou cilíndricos. Eles são completamente rosqueados ou parcialmente rosqueados. A cabeça do parafuso apresenta vários modelos, mas pode ter também parafuso que não possui acionamento (cabeça). (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Existem no mercado uma grande variedade de parafusos que podem ser identificados pelo modelo da cabeça, do corpo e da ponta. Essa identificação é determinada pela função dos parafusos, sendo assim, nos permite classificá-los em quatro partes, que são elas: parafusos de pressão, fusos passantes, parafusos prisioneiros e parafuso não passantes. (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

2.4.1 Parafuso Passantes

Os parafusos passantes penetram ambos os lados da peça a serem unidas, penetrando com facilidade nos furos. De acordo com o emprego do parafuso, esses parafusos, junto com as porcas, necessitam da utilização de arruelas e contra porcas como acessórios. Os parafusos passantes, pode ser usado com cabeça ou sem cabeça para o manuseio (Figura 15). (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Figura 15. Parafuso Passante.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009)

2.4.2 Parafusos Não Passantes

Esse tipo de parafuso não utiliza porcas, o trabalho que é feito pela porca, é feito pelo furo roscado. Esse trabalho é feito em uma das peças que é unida (Figura 16). (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Figura 16. Parafusos não passantes.

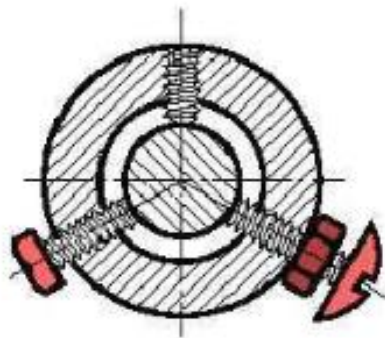


Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009)

2.4.3 Parafusos De Pressão

Esse modelo de parafuso é fixado por meio de pressão. A pressão é exercida pela ponta do parafuso contra a peça a ser fixada. Esse modelo de parafuso pode apresentar cabeça ou não (Figura 17). (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Figura 17. Parafuso de pressão.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

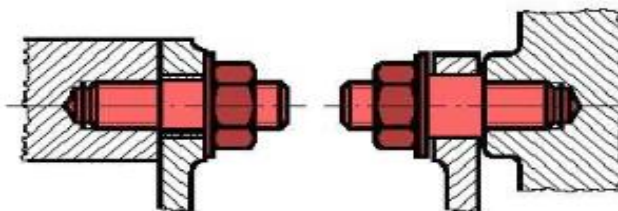
2.4.4 Parafuso Prisioneiro

Esse modelo de parafuso não possui cabeça, possui rosca nas suas extremidades, eles são empregados em equipamentos que precisam ser montados e desmontados com frequência e facilidade. Em algumas situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba espanando a rosca dos furos. (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

O parafuso prisioneiro (Figura 18), pode ter rosca que possui passos diferentes ou sentidos diferentes, ou seja, horário ou anti-horário. Para uma melhor fixação do parafuso prisioneiro no furo da máquina, utiliza-se uma ferramenta especial. Se durante o manuseio, não obter essa ferramenta, pode ser colocada duas porcas travadas em uma das suas extremidades. Após sua fixação pela outra extremidade, é retirada as porcas. A outra peça é apertada com auxílio de uma porca e arruela, sendo aplicadas a extremidades do prisioneiro. (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

O parafuso prisioneiro não se movimenta quando as peças são desmontadas durante o processo.

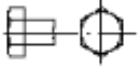
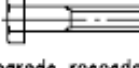

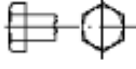
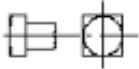


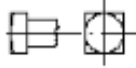
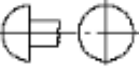


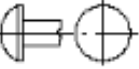

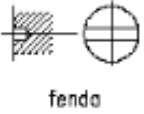
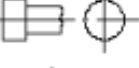

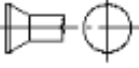

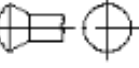

Figura 18. Parafuso Prisioneiro.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

A seguir, na Figura 19, veremos alguns tipos de parafusos, acionamentos, cabeça, corpo, pontas e indicação de dispositivo para atarraxar.

Figura 19. Tipos de parafusos.

Formas de cabeça	Formatos do corpo	Pontas	Dispositivos de atarraxamento
 sextavada	 com a parede rosçada de diâmetro igual ao da não rosçada	 cônica	 sextavada
 quadrada	 com a parede rosçada de diâmetro maior que o da não rosçada	 arredondada	 quadrada
 redonda		 plana com chanfro	 sextavado interno
 abaulada		 plana	 fenda
 cilíndrica		 fenda cruzada	
 escareada		 barboleta	
 escareada abaulada		 recartilhado	

Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

2.5 ROSCA

Hélice – Faz com que o parafuso siga sobre a porca quando é rotacionado.

Externas – Parafuso atarraxados

Internas - Furos ou porcas quando são rosqueados

Simples – Quando há somente uma entrada

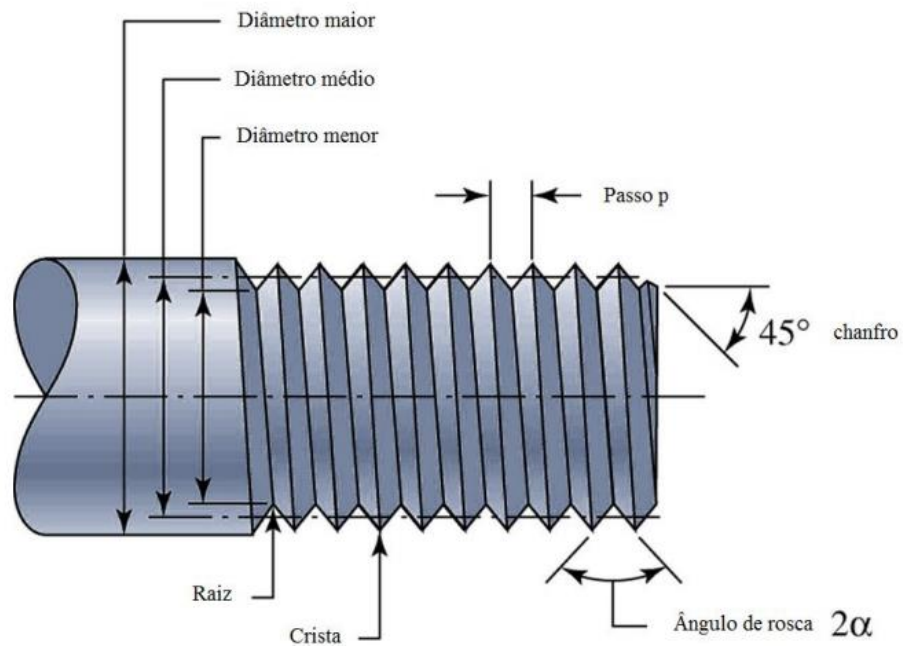
Múltiplas – Quando se há varias entradas

Passo Grosso – É o tipo mais comum

Passo Fino – É muito resistente ao afrouxamento.

Na figura abaixo (Figura 20), segue um modelo de parafuso para melhor entendimento.

Figura 20. Modelo de parafuso



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

Passo: É a distância entre os filetes do parafuso.

Diâmetro menor: É o menor diâmetro da rosca de um parafuso

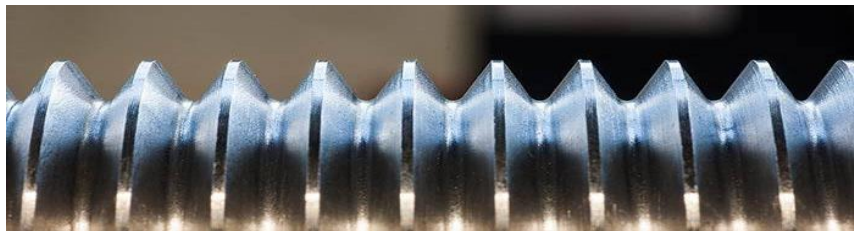
Diâmetro maior: É o maior diâmetro da rosca de um parafuso

Avanço: É a distância que a porca se move paralelamente o eixo do parafuso após uma volta.

2.5.1 Rosca Triangular

Uma rosca de perfil triangular (Figura 21) é muito utilizada para junta parafusada, devido ao seu formato é muito resistente a tensões cisalhantes sendo muito indicada para unir peças como, por exemplo, de automóveis e outros elementos de máquinas. As juntas triangulares são fabricadas segundas as seguintes normas; Norma métrica ou internacional; Sistema inglês ou White Worth; Sistema Americano. (ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY, 2009).

Figura 21. Rosca de perfil triangular.



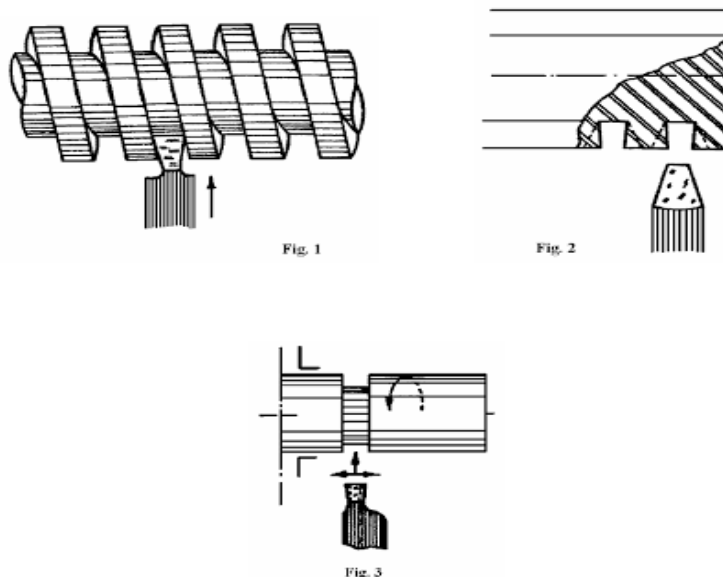
Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009)

2.5.2 Rosca De Perfil Quadrada

Como são difíceis de conseguir devido a sua usinagem e fabricação é conhecida como trapezoidal devido ao perfil quadrado ser difícil de conseguir, sendo muito utilizada para transportadoras, seja de grãos ou equipamentos de transformação de plástico e também para macacos de levantamento de automóveis.

Para ter um ângulo de rosca entre 10° e 15° , a rosca quadrada é fabricada cortando o espaço entre os dentes. Esse tipo de fabricação é usado para buscar a maior eficiência inerentes a rosca quadrada e tornando o corte mais simples para a sua fabricação. Conforme a figura 22.

Figura 22. Rosca de perfil quadrada.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009)

2.6 PARAFUSOS DE POTÊNCIA

O parafuso de potência (Figura 23) é utilizado em equipamentos para transformar movimento angular em linear e também para transmissão de potência e locomoção de grandes cargas. (NORTON,R; Projeto De Máquinas, 2ªEdição)

Aplicações: Parafusos de pressão de tornos mecânicos e parafusos para morsa, prensas e macacos.

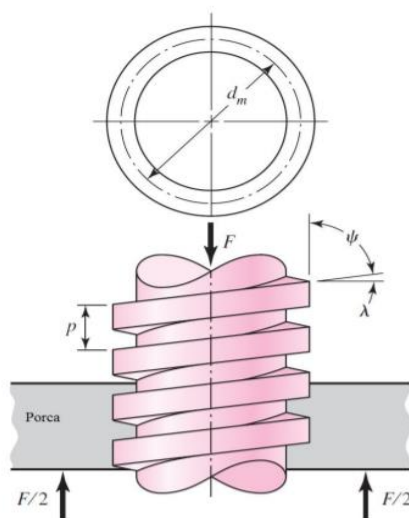
Figura 23. Parafuso de potência.



Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas, 2ªEdição.

Abaixo, conforme Figura 24, vemos um parafuso de potência com rosca quadrada com diâmetro médio d_m . Ele é carregado pela força de compressão e ângulo de hélice passo p e ângulo de avanço axial F .

Figura 24. Parafuso de potência com rosca quadrada.



Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas, 2ªEdição.

Para encontrar uma expressão para o torque requerido para elevar e baixar a carga.

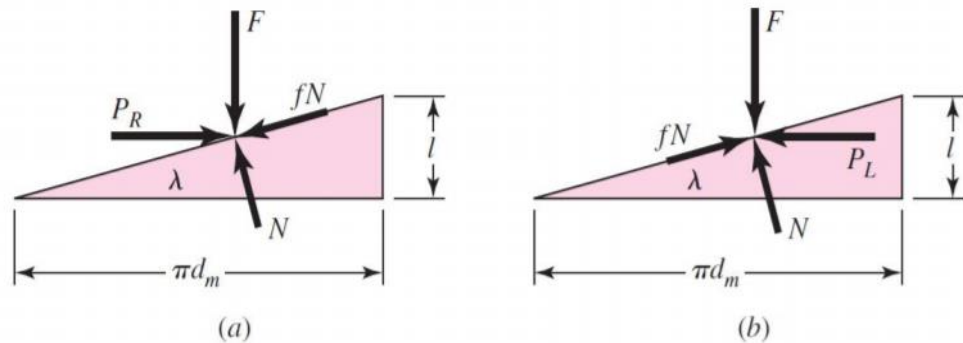
O parafuso de potência, apenas uma rosca do parafuso, é desenvolvida por uma volta entre si.

Uma parte de sua rosca formará a hipotenusa do triângulo reto, sua base é o tamanho da circunferência do círculo de diâmetro médio de rosca e sua altura é relativamente menor.

O ângulo λ , é o avanço de sua rosca.

Para obter uma elevada carga, a força PR atua para a direita e para diminuir a força PL atua para a esquerda (Figura 25).

Figura 25. Análise da força na interface porca-parafuso (a) levantamento de carga; (b) Abaixamento de carga.



Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas; 2ªEdição.

- Para o sistema em equilíbrio quando da elevação da carga (Equação 1, 2):

$$\Sigma F_H = P_R - N \operatorname{sen} \lambda - f N \operatorname{cos} \lambda = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma F_V = F + f N \operatorname{sen} \lambda - N \operatorname{cos} \lambda = 0 \quad (2)$$

- Para o sistema em equilíbrio para baixar a carga (Equação 3, 4):

$$\Sigma F_H = -P_L - N \operatorname{sen} \lambda + f N \operatorname{cos} \lambda = 0 \quad (3)$$

$$\Sigma F_V = F - f N \operatorname{sen} \lambda - N \operatorname{cos} \lambda = 0 \quad (4)$$

- Como a força normal não é necessária, determina-se P (Equação 5, 6):

$$P_R = F \frac{(\operatorname{sen} \lambda + f \operatorname{cos} \lambda)}{\operatorname{cos} \lambda - f \operatorname{sen} \lambda} \quad \text{Força necessária para elevar a carga} \quad (5)$$

$$P_L = F \frac{(f \cos \lambda - \operatorname{sen} \lambda)}{\cos \lambda + f \operatorname{sen} \lambda} \quad \text{Força necessária para abaixar a carga} \quad (6)$$

- Dividindo-se o numerador e o denominador por $\cos \lambda$ e utilizando-se a relação (Equação 7):

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi d_m} \quad (7)$$

Tem-se (Equação 8, 9):

$$P_R = \frac{F \left[\left(\frac{l}{\pi d_m} \right) + f \right]}{1 - (fl) \pi d_m} \quad \text{Força necessária para elevar a carga} \quad (8)$$

$$P_L = \frac{F \left[f - \left(\frac{l}{\pi d_m} \right) \right]}{1 + \left(\frac{fl}{\pi d_m} \right)} \quad \text{Força necessária para abaixar a carga} \quad (9)$$

- O Torque é o produto da força P e do raio médio (Equação 10, 11):

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right) \quad \text{Torque necessário para elevar a carga} \quad (10)$$

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl} \right) \quad \text{Torque necessário para elevar a carga} \quad (11)$$

- Pode ocorrer que o avanço é grande ou atrito pequeno. Nestes casos, a carga pode baixar por si mesma, fazendo o parafuso rodar sem qualquer esforço interno.

- Neste caso, o torque T_L , será negativo ou zero.
- Quando um torque positivo é obtido da equação anterior, diz-se que o parafuso é auto bloqueante ou auto retentor.
- A condição para o autobloqueio é a seguinte (Equação 12, 13, 14):

$$\pi f d_m > l \quad (12)$$

$$f > \frac{l}{\pi d_m} \quad (13)$$

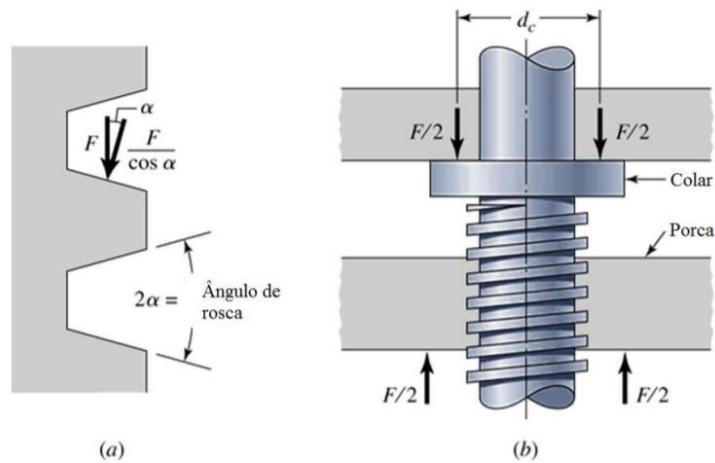
$$f > \tan \lambda \quad (14)$$

- O autobloqueio é obtido sempre que o coeficiente de fricção de rosca é igual ou maior que a tangente do ângulo de avanço de rosca.

No caso de roscas ACME ou outras roscas, a carga da rosca normal está inclinada, relativamente ao eixo, devido ao ângulo de rosca 2α e ao ângulo de avanço (Figura 26). Visto que os ângulos de avanço são pequenos, essa inclinação pode ser desprezada e somente o efeito do ângulo de rosca será considerado, como visto na Equação 15.

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m \sec \alpha}{\pi d_m - f l \sec \alpha} \right) \quad (15)$$

Figura 26. a) A componente normal da força de rosca é aumentada por causa do ângulo α ; (b) O colar axial tem diâmetro friccional d_c .



Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas, 2ªEdição.

O torque requerido para elevar a carga com atrito zero será (Equação 16):

$$T_0 = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi d_m}{\pi d_m - 0l} \right) = \frac{F d_m}{2} \frac{l}{\pi d_m} = \frac{F l}{2\pi} \quad (16)$$

A eficiência será (Equação 17):

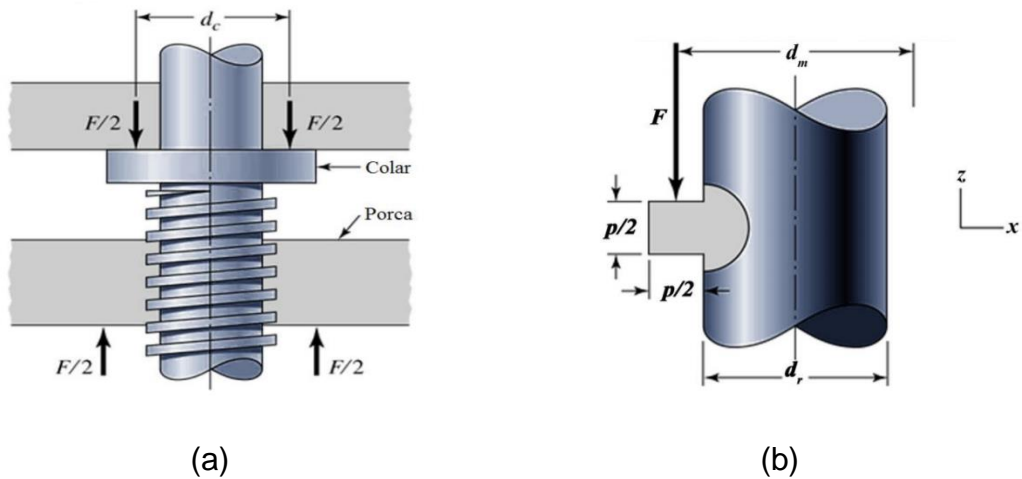
$$e = \frac{T_0}{T_R} = \frac{F l}{2\pi T_R} \quad (17)$$

2.7 MANCAL AXIAL OU COLAR

São mancais que são projetados para resistir as forças aos quais o eixo está submetido. É utilizado entre os membros rotantes a fim de suportar a componente axial, quando o parafuso é carregado axialmente. Vale ressaltar que o mesmo não

pode ser submetido a carga radial pois pode levar ao seu rompimento. Assume-se que a carga está concentrada no diâmetro médio do colar (Figura 27).

Figura 27. (a) O colar axial tem diâmetro friccional d_c . (b) A geometria da rosca quadrada é útil ao determinar as tensões de flexão e de cisalhamento transversal na raiz da rosca.



Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas, 2ªEdição.

A tensão nominal de cisalhamento na torção do corpo do parafuso é (Equação 18):

$$\tau = \frac{T_C}{J} = \frac{16T}{\pi d_r^3} \quad (18)$$

A tensão axial no corpo do parafuso devido a F , na ausência de ação de coluna (Equação 19):

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (19)$$

Para uma coluna curta (Johnson) (Equação 20):

$$\left(\frac{F}{A}\right)_{crit} = S_y - \left(\frac{S_y l}{2\pi k}\right)^2 \frac{1}{CE} \quad (20)$$

Tabela 1. Dimensão do parafuso

End-Condition Constant C			
Column End Conditions	Theoretical Value	Conservative Value	Recommended Value*
Fixed-free	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Rounded-rounded	1	1	1
Fixed-rounded	2	1	1.2
Fixed-fixed	4	1	1.2

*to be used only with liberal factors of Sfety when the column load is accurately known.

Fonte: NORTON,R; Projeto de máquinas, 2ªEdição.

A tensão de apoio será (Equação 21):

$$\sigma_B = -\frac{F}{\frac{\pi d_m n_t p}{2}} = -\frac{2F}{\pi d_m n_t p} \quad (21)$$

Onde n_t é o número de roscas trabalhando.

A tensão de flexão na raiz da rosca vai ser (Equação 22 e 23):

$$\frac{I}{c} = \frac{(\pi d_r n_t) \left(\frac{p}{2}\right)^2}{6} = \frac{\pi}{24} d_r n_t p^2 \quad (22)$$

$$\sigma_b = \frac{M}{\frac{I}{c}} = \frac{Fp}{4} \frac{24}{\pi d_r n_t p^2} = \frac{6F}{\pi d_r n_t p} \quad (23)$$

A tensão transversal de cisalhamento, no centro da rosca é (Equação 24):

$$\tau = \frac{3V}{2A} = \frac{3}{2} \frac{F}{\pi d_r n_t p/2} = \frac{3F}{\pi d_r n_t p} \quad (24)$$

2.8 DIMENSIONAMENTO DE FIXAÇÃO DO PARAFUSO

Para dimensionar um parafuso é necessário em levar em consideração (Equação 25):

- a) Conhecer o material a ser usado e o coeficiente de segurança
- b) Ter conhecimento das forças que atuarão sobre o parafuso

$$FCP = \frac{FPA(N)}{N^{\circ}P} \quad (25)$$

Sendo:

FCP: força que atua em cada parafuso;

FPA: força na placa "a";

N[°]P: número de parafusos.

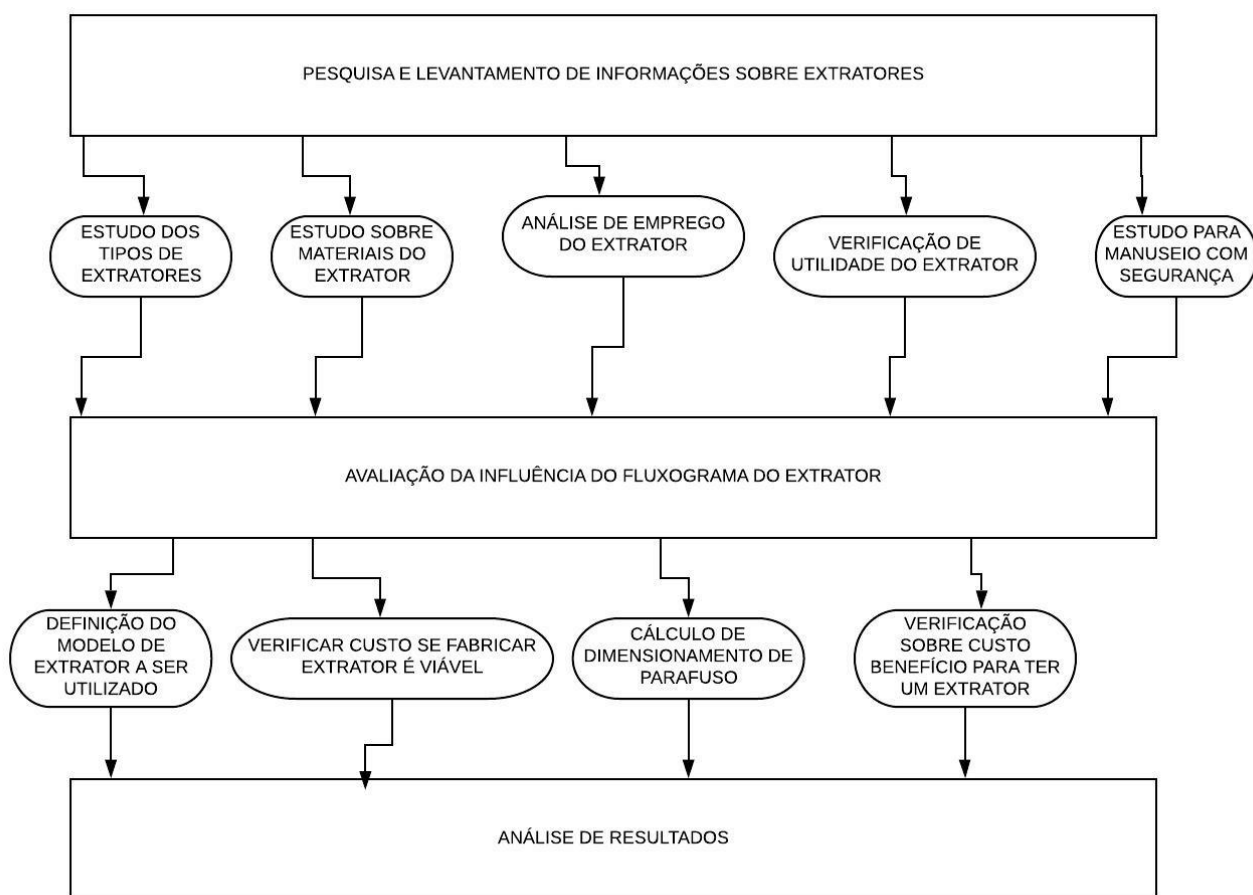
c) Configuração de Rosca

A geometria de rosca deverá levar em consideração o local para onde a mesma será aplicada, pois cada tipo responde melhor a determinado tipo de força a qual será tensionada.

3. METODOLOGIA

Foi feito o fluxograma abaixo, com o objetivo de otimizar e organizar as etapas do projeto, além de indicar os principais pontos do projeto.

Figura 28. Fluxograma do desenvolvimento do projeto.



Fonte: ELABORADO PELO AUTOR (2020).

3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

- 1) Será feito uma pesquisa de levantamento de informações sobre os extratores antes de começar os estudos para ter o maior conhecimento e para um estudo comparativo sobre eles.
- 2) No estudo dos tipos de extratores será realizado uma pesquisa sobre os tipos existentes de extratores. Análises como características do modelo, vantagens e desvantagens. De acordo com a pesquisa, irá ser estudado qual modelo irá se adequar ao nosso projeto e qual será a nossa escolha para fazer o dimensionamento.
- 3) No estudo sobre o material do extrator, refere-se às características de escoamento dos materiais para atender às necessidades do projeto como, resistência ao peso do extrator, a funcionalidade da garra e também do fuso (parafuso de potência).
- 4) A análise de desempenho será efetuada para analisar em qual área será mais viável o emprego do extrator e onde não será.
- 5) A verificação de utilidade do extrator é um parâmetro empregado para analisar seus benefícios no uso do mesmo e para garantir que satisfaça os respectivos requisitos para os quais será desenvolvido.
- 6) O estudo para manuseio com segurança tem como objetivo estabelecer os requisitos de segurança a serem observados, assim como, os EPI's a serem utilizados no manuseio do extrator.
- 7) Após os dados obtidos anteriores realizará uma avaliação de influência sobre o extrator, sendo assim, progredindo com o passo a passo descrito abaixo.
- 8) Na definição do modelo a ser utilizado será escolhido o modelo de extrator mecânico de três garras para gerar uma força de 10 toneladas.

- 9) Um estudo será feito para verificar a viabilidade de fabricar um extrator ou de adquirir um novo.
- 10) No cálculo de dimensionamento será estabelecido parâmetros para determinar as dimensões de cada componente do extrator, para garantir sua funcionalidade.
- 11) Após as etapas de dimensionamento, será feita a verificação sobre o custo benefício para ter um extrator na empresa ou fazer a remoção dos equipamentos sem o extrator.
- 12) Após ter sido feito o dimensionamento do extrator, definido o modelo a ser utilizado, será feita uma análise do custo benefício para se obter um extrator.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 EXTRATOR COM TRÊS GARRAS MECÂNICO

Design robusto, fabricado em aço forjado. A carga distribuída sobre três garras assegura um agarre mais seguro e extração balanceada. Utilizado em diversas atividades industriais para extrair polias trapezoidais pesadas e escalonadas, volantes, rodas dentadas e polias de múltiplas formas. Os três suportes das garras são reguláveis em qualquer posição, com pinos para travá-las a 120° umas das outras. A partir da inversão de suas garras facilita a extração de polias com apoio externo ou interno. Permite a adaptação de garras com comprimentos diferentes (comercializados separadamente) que tornam a ferramenta versátil, adequando-a para diversas situações de extração.

4.2 ESCOLHA DO MATERIAL A SER USADO

Inicialmente, sabe-se que a ferramenta extrativa será submetida a um esforço trativo máximo ($F_{\text{máx.}}$) de 10.000 kg, ou seja, **100.000 N** ou 100 kN.

Entre os diversos materiais que podem ser escolhidos, será escolhido o AISI 1040. Esse aço tem as características de composição química e de propriedades mecânicas ilustradas pelas Tabelas 2 e 3: (ELABORADO PELO AUTOR; 2020)

Tabela 2. Composição Química

Elemento	Massa Atômica (%)
C	0.37-0.44
Mn	0.60-0.90
P (máx.)	0.04
S (máx.)	0.05

Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

Tabela 3 - Propriedades Mecânicas

Módulo de Elasticidade (GPa)	190-210
Limite de Escoamento (Mpa)	353.4
Limite de Resistência (Mpa)	518.8
Dureza (HB)	149

Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

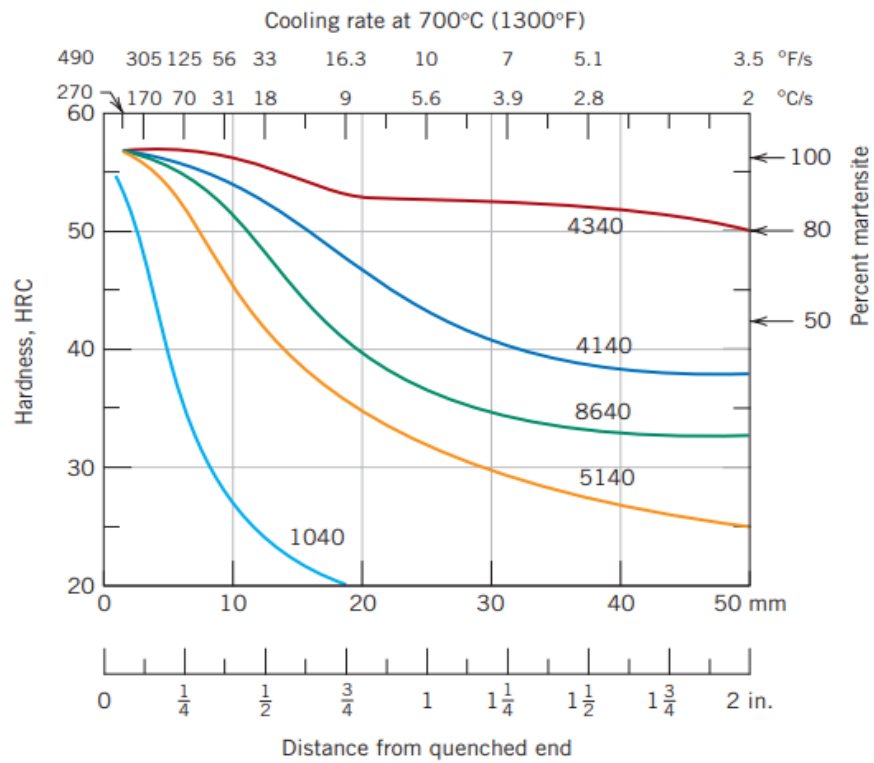
Referência: Norma AISI 1040.

Obs.: Os valores de propriedades mecânicas são relativos a um aço que passou pelo tratamento térmico de recozimento.

De maneira a garantir que a rosca não será desgastada, pode-se projetar um tratamento térmico de têmpera, o que irá aumentar consideravelmente a dureza superficial do parafuso.

A Figura 29 mostra o resultado de ensaios de Temperabilidade Jominy para alguns aços. Nota-se que o Aço AISI 1040 atinge uma dureza da casa de 40 HRC (371 HB), a uma profundidade 6,35 mm da superfície (1/4"), o que é mais do que o dobro de sua dureza original (149HB). A região dos filetes teria sua dureza aumentada de em relação ao núcleo, reduzindo, portanto, o seu desgaste.

Figura 29. Curvas de Temperabilidade obtidas para alguns aços, pelo ensaio Jominy.



Fonte: CALLISTER, W.D. - Ciência e Engenharia de Materiais, 7 Ed.

Conclui-se que para o problema em questão, pode-se usar o aço AISI 1040, na condição temperado.

4.3 CÁLCULO DA ÁREA DO NÚCLEO DO PARAFUSO

Em projetos, as boas práticas mostram que se deve utilizar os valores de Limite de Escoamento (σ_e) para se dimensionar as peças. Utilizando a equação de tensão normal, e com um fator de segurança (F_s) igual a 2, calcula-se a área da seção reta transversal (A), ou área do núcleo do parafuso, usando Limite de Escoamento do Aço AISI 1040, obtido na Tabela 3, (Equação 26):

$$\frac{\sigma_e}{F_s} = \frac{F_{máx.}}{A} \quad (26)$$

$$\frac{353.4}{2} = \frac{100.000}{A}$$

$$A = 565,93 \text{ mm}^2$$

4.4 CÁLCULO DA ÁREA DO DIÂMETRO MENOR (dr) DO PARAFUSO

Pode-se determinar então o Diâmetro Menor (dr) do parafuso com o cálculo da área de uma circunferência (A), (Equação 27):

$$A = \frac{\pi \cdot dr^2}{4} \quad (27)$$

$$565,93 = \frac{\pi \cdot dr^2}{4}$$

$$dr = 26,84 \text{ mm}$$

4.5 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO MAIOR (D) E DO PASSO (P) DO PARAFUSO

A Tabela 4 ilustra os Passos para roscas Acme mais usados e os respectivos Diâmetros Maiores, em polegadas.

Com o resultado do Diâmetro Menor, pode-se utilizar a Tabela 4 para se determinar o Passo do parafuso, escolhendo um valor de d superior:

Tabela 4 - Passos Preferidos para Roscas Acme

d, in	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
p, in	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Fonte: Elementos de máquinas de Shigley (2009)

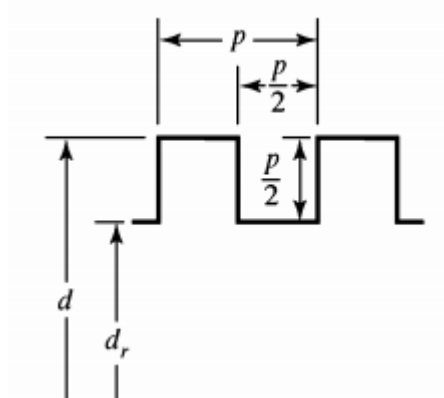
O Diâmetro Maior de 1.1/2" (38,10 mm) será escolhido primeiramente, já que é superior ao Diâmetro Menor calculado (26,84 mm). Neste Caso, o Passo é (Equação 28):

$$P = 1/4" = 6,35 \text{ mm} \quad (28)$$

Analisando a Figura 30, pode-se inferir que para essa Situação, a Profundidade da Rosca e a Largura da Rosca são iguais a (Equação 29):

$$\frac{P}{2} = \frac{6,35}{2} = 3,18 \text{ mm} \quad (29)$$

Figura 30. Perfil de Rosca Quadrada.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

Com esses valores, pode-se conferir o diâmetro menor para se ter certeza de que ele será superior ao calculado anteriormente (26,84 mm), uma vez que este seria o mínimo necessário para não haver escoamento no material (Equação 30):

$$d_r = d - P = 38,10 - 6,35 = 31,75 \text{ mm} \quad (30)$$

O valor de 31,75 mm é superior ao encontrado no cálculo anterior, portanto o material não sofrerá escoamento.

Portanto, o parafuso deverá ter:

$$d = 38,10 \text{ mm}$$

$$d_r = 31,75 \text{ mm}$$

$$P = 6,35 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidade De Rosca} = \text{Largura de Rosca} = l = 3,18 \text{ mm}$$

4.6 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO (DM) DO PARAFUSO, (EQUAÇÃO 31):

$$dm = (d + dr)/2 = 34,93 \text{ mm} \quad (31)$$

4.7 DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE AVANÇO (λ) DO PARAFUSO, (EQUAÇÃO 32):

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi dm} = \frac{3,18}{\pi * 34,93} = 0,026567 \quad (32)$$

$$\lambda = 1,65^\circ$$

4.8 DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE HÉLICE (ψ) DO PARAFUSO (EQUAÇÃO 33):

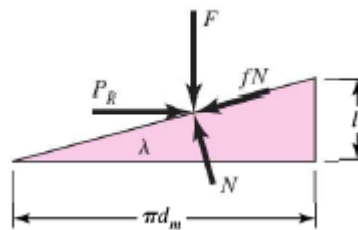
$$\psi = 90^\circ - 1,65^\circ \quad (33)$$

$$\psi = 88,35$$

4.9 DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS PARA ELEVAÇÃO DE CARGA (EQUAÇÃO 34, 35):

A Figura 31 mostra a análise da força na interface porca-parafuso, como mostrado abaixo:

Figura 31. Análise da força na interface porca-parafuso (a) levantamento de carga; (b) Abaixamento de carga.



Fonte: ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY (2009).

$$Fn = \cos(\lambda) \times F \quad (34)$$

$$Fn = \cos(1,92^\circ) \times 100000 = 99958,54 \text{ N}$$

$$Pr = \sin(\lambda) \times F \quad (35)$$

$$Pr = \sin(\lambda) \times 100000 = 2879,40 \text{ N}$$

Considerando $\mu = 0,14$, temos a Equação 36:

$$\mu Fn = \mu \times Fn \quad (36)$$

$$\mu Fn = 0,14 \times 99958,54 = 13994,20 \text{ N}$$

Torque requerido para girar o parafuso contra a carga (Equação 37):

$$Tr = \frac{F \times dm}{2} \times \left(\frac{l + \pi \times \mu \times dm}{\pi \times dm - \mu \times l} \right) \quad (37)$$

$$Tr = \frac{100x(10^3) x 34,93}{2} x \left(\frac{3,18 + \pi x 0,14 x 34,93}{\pi x 34,93 - 0,14 x 3,18} \right) = 293,93Nm$$

A eficiência global ao elevar a carga (Equação 38):

$$e = \frac{F x l}{2 x \pi x Tr} \quad (38)$$

$$e = \frac{100x(10^3) x 3,18}{2 x \pi x 293,93} = 0,17,22 = 17,22\%$$

A tensão de cisalhamento τ do corpo (Equação 39):

$$\tau = \frac{16 x Tr}{\pi x d^3} \quad (39)$$

$$\tau = \frac{16 x 293,93x(10^3)}{\pi x 31,75^3} = 46,78 MPa$$

Tensão nominal axial (Equação 40):

$$\sigma = - \frac{4 x F}{\pi x d^2} \quad (40)$$

$$\sigma = - \frac{4 x 100x(10^3)}{\pi x 31,75^2} = -126,31 MPa$$

Tensão transversal de cisalhamento no centro da raiz da rosca de vido a carga F (Equação 41):

$$\tau = \frac{3xF}{\pi \times dr \times nt \times p} \quad (41)$$

$$\tau = \frac{3 \times 100(10^3)}{\pi \times 31,75 \times (1) \times 6,35} = 437,65MPa$$

Para que a porca suporte a carga exercida (Equação 42):

$$\sigma_e = 265MPa$$

$$\sigma_{adm} = 176,7MPa$$

$$\tau_{adm} = \sigma_{adm} \times 0,75$$

$$\tau_{adm} = 176,7 \times 0,75 = 132,5MPa \quad (42)$$

Número de filetes necessários para suportar a carga será (Equação 43):

$$nt = \frac{3xF}{\pi \times d \times \tau \times p} \quad (43)$$

$$nt = \frac{3 \times 100(10^3)}{\pi \times 31,75 \times 132,5 \times 6,35} = 4 \text{ filetes necessários}$$

Dimensionamento das garras (Equação 44):

Aço SAE 6150

$$\sigma_e = 667,4MPa \quad \sigma_{adm} = 333,7MPa$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{adm}} \quad (44)$$

$$A = \frac{100000}{333,7} = 299,67 \text{mm}^2 (300 \text{mm}^2)$$

Ponta das garras:

Área de cisalhamento (Equação 45, 46):

$$\tau_{adm} = \sigma_{adm} \times 0,75 \quad (45)$$

$$\tau_{adm} = 333,7 \times 0,75 = 250 \text{MPa}$$

$$A = \frac{F}{\tau_{adm}} \quad (46)$$

$$A = \frac{100(10^3)}{250} = 400 \text{mm}^2$$

Determinação da curva das pontas:

Carga de 10 ton. excêntrica

Tabela 5. Área da Seção Transversal da Peça

Área	Y	Ay
1) 300 mm ²	5 mm	1500 mm
2) 200 mm ²	20 mm	4000mm
Σ 500 mm ²		5500 mm

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR (2020).

Determinando momento na ponta (Equação 47, 48):

$$M = F \times d \quad (47)$$

$$M = 100000 \times 11 = 11000000N$$

$$Yg = \frac{\Sigma Ay}{\Sigma A} \quad (48)$$

$$Yg = \frac{5500}{500} = 11mm$$

Determinando momento de inércia na ponta (Equação 49):

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (49)$$

$$I1 = \frac{30 \times 10^3}{12} = 2500mm^4$$

$$I2 = \frac{10 \times 20^3}{12} = 6666,667mm^4$$

Somando os momentos de inércia, temos (Equação 50):

$$I = I1 + I2 \quad (50)$$

$$I = 2500 + 6666,667 = 9166,667 mm^2$$

Assim, encontramos a tensão total na ponta (Equação 51):

$$\sigma = -\frac{F}{A} + \frac{M \times Y}{I} \quad (51)$$

$$\sigma = -\frac{100000}{500} + \frac{1100000 \times 11}{9166,667} = 186,80 \text{ MPa}$$

Determinação do suporte de 3 extremidades a 120°, (Equação 52, 53, 54):

Aço AISI 6150

$\sigma_{adm} = 333,7\text{MPa}$

$E = 210\text{ GPa}$

$L = 40\text{mm}$

Seção transversal:

$b = 25\text{mm}$, $h = 60\text{mm}$

Para uma carga $F = 100000\text{N}$

$$Ma = F \times L \quad (52)$$

$$Ma = 100000 \times 40 = 4000000\text{Nmm}$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (53)$$

$$I = \frac{25 \times 60^3}{12} = 450000\text{mm}^4$$

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad (54)$$

$$\sigma = \frac{4000000 \times 30}{450000} = 266,67\text{MPa}$$

Deflexão das extremidades (Equação 55):

$$\zeta_{\text{máx}} = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} \quad (55)$$

$$\zeta_{\text{máx}} = \frac{100000 \times 40^3}{3 \times 210(10^6) \times 450000} = 0,00023\text{mm}$$

Fixação das garras por parafusos (Equação 56, 57, 58 e 59):

O suporte e as garras são de aço AISI 6150

$\sigma_{adm} = 333,7 \text{MPa}$

Parafuso 8.8

$\sigma_e = 600 \text{Mpa}$

$$\tau = \sigma \times 0,75 \quad (56)$$

$$\tau = 600 \times 0,75 = 450 \text{MPa}$$

$$\tau_{adm} = \frac{\tau}{2} \quad (57)$$

$$\tau_{adm} = \frac{450}{2} = 225 \text{MPa}$$

$$\tau_{adm} = \frac{F}{n \times A} \quad (58)$$

$$A = \frac{F}{n \times \tau_{adm}} = \frac{100000}{2 \times 225} = 222,22 \text{mm}^2 \quad (59)$$

Diâmetro menor será (Equação 60):

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (60)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 222,22}{\pi}} = 16,82 \text{mm}$$

O diâmetro do parafuso para fixação será: $D = 18 \text{mm}$.

Tensões de esmagamento nas garras e no suporte (Equação 61):

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{txd} \quad (61)$$

$$\sigma_g = \frac{100000}{30 \times 20} = 166,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{100000}{25 \times 20} = 200 \text{ MPa}$$

Para viabilizar o cálculo, a tensão de esmagamento no suporte deverá ser menor que a tensão admissível, $\sigma_{adm} = 333,7 \text{ MPa}$ (Equação 62):

$$\sigma_s < \sigma_{adm} \quad (62)$$

$$\sigma = \frac{100000}{25 \times 20} = 200 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

5. ORÇAMENTO/CUSTO

O parafuso escolhido atende os esforços submetidos e emitidos nos componentes dentro da margem de segurança.

Figura 32. Fuso para extrator.



Fonte: LOJA DO MECÂNICO S.A. (2020).

Seu custo foi de R\$ 106,16

Figura 33. Rosca do Extrator.



Fonte: LOJA DO MECÂNICO S.A. (2020).

Seu custo foi de R\$ 80,74

Figura 34. Garra do Extrator.



Fonte: LOJA DO MECÂNICO S.A. (2020).

Seu custo foi de R\$ 177,44. Mas precisaria de 3 peças, totalizando R\$ 562,32.

Apenas no fuso foi considerado o frete, visto que todos os itens foram orçados no mesmo site. Todos os valores estão sendo considerados a prazo. Valor total do extrator, comprando as partes em separado, foi de R\$749,22.

Extrator pronto com 3 garras :

Figura 35. Extrator com 3 garras montado.



Fonte: LOJA DO MECÂNICO S.A. (2020).

Como visto através de pesquisas de custos, o melhor custo benefício para o extrator é comprá-lo pronto ao invés de comprar as peças separadas para montagem posterior.

6. CONCLUSÃO

Concluimos que o emprego do saca rolamento na indústria mecânica é de fundamental importância em vista de sua característica como, manuseio de extrema facilidade por apresentar peso de pequena monta, utilização em locais de difícil acesso e proporcionando grande segurança ao operador durante o processo no qual é utilizado.

Neste equipamento destacamos ainda as vantagens: a redução de quebra de rolamentos, retirada tranquila de buchas e parafusos que apresentam certas deformações, tais quais quebrados, espanados, etc.

Não obstante, a fabricação artesanal deste equipamento não é rentável, pois apresenta alguma dificuldade na sua confecção, entre a necessidade de terceirização dos serviços, alto custo do material utilizado que deverá ser adquirido no mercado, não sendo possível competir com os existentes na praça de fácil aquisição. Apesar de que alguns deles podem apresentar certa deficiência na hora do uso, sendo necessária alguma adaptação para aplicação no local exigido.

Porém, a fabricação própria do extrator é fundamental para ambientes que requer um pequeno espaço, sendo assim, muitas vezes não é encontrado o tamanho ideal para comercialização, então nem sempre será viável efetuar a compra de um extrator novo. Sendo assim, terá que ser feito um dimensionamento do extrator para obter o tamanho e a força que desejar.

A iniciativa deste trabalho foi baseada nas experiências vividas nas indústrias por funcionários que utilizavam maçarico, corda, ganchos entre outros instrumentos improvisados para retirada do rolamento, motivando assim a expectativa de encontrar um equipamento que poderia facilitar este trabalho, sendo esta vontade culminada na confecção de um saca rolamento que atenda condições específicas não contempladas nos padrões atuais de confecção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANT FERRAMENTAS. Mini extrator com 3 garras, 2019. Disponível em: <<https://www.antferramentas.com.br/extrator-com-3-garras-gedore-70mm/p>>. Acesso em: 13/12/2019.

BETA PROFESSIONAL HANDTOOLS. Pinça de expansão para interiores, 2020. Disponível em: <<https://www.beta-tools.com/br/prodotti/extratores/extratores-de-expansao-internos/pin-231-a-de-expans-227-o-para-interiores.html>>. Acesso em: 14/02/2020.

BETA FER. Extratores mecânicos, 2019. Disponível em: <<https://www.betafer.it/pt/90-extratores-mecanicos>>. Acesso em: 02/12/2019.

CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução. 8ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

CASARAO DO MECANICO. Casarão do Mecânico – Página inicial, 2019. Disponível em: <https://www.casaraodomecanico.com.br/index.php?cPath=11&_pagi_pg=4>. Acesso em: 17/12/2019.

COSAMA. Saca polia 2 garras, 2019. Disponível em: <<https://www.cosamapro.com.br/saca-polia-2-garras-150mm-vonder/>>. Acesso em: 15/12/2019.

DIRECT INDUSTRY. Extrator de rolamento, 2019. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/skf-maintenance-and-lubrication-products/product-18813-1517967.html>>. Acesso em: 04/12/2019.

DOCPLAYER. Capítulo 8 Projeto de parafusos, 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/41002088-Capitulo-08-projeto-de-parafusos.html>>. Acesso em: 10/03/2020.

DOCSITY. Ferramentas e seus acessórios, 2009. Disponível em: <<https://www.doccity.com/pt/ferramentas-e-seus-acessorios/4710047/>>. Acesso em: 02/03/2020.

EFUNDA. Propriedades de aços AISI 1040, 2020. Disponível em: <https://www.efunda.com/materials/alloys/carbon_steels/show_carbon.cfm?ID=AISI_1040&show_prop=all&Page_Title=AISI%201040>. Acesso em: 14/05/2020.

ERNEPAC. Ernepac – Página inicial, 2020. Disponível em: <<https://www.enerpac.com>>. Acesso em: 03/01/2020.

FERMAQUINAS. Saca polias duas garras, 2020. Disponível em: <<https://www.fermaquinas.com.br/saca-polia-2-garras-articuladas-abertura-de-200-mm-a-400-mm-gedore/p>>. Acesso em: 10/01/2020.

FERRAMENTAS KENNEDY. Extrator para cubos de roda com 4 furos, 2020. Disponível em: <<https://www.ferramentaskennedy.com.br/5526/113088-raven-extrator-para-cubos-de-roda-4-furos>>. Acesso em: 03/02/2020.

GEDORE. Sistemas de extração, pág. 17, 2015. Disponível em: <<https://www.gedore.com.br/2015/userfiles/flip/extracao/files/assets/basic-html/page17.html>>. Acesso em: 10/04/2020.

GRABCADCOMMUNITY. Parafuso com rosca redonda, 2013. Disponível em: <<https://grabcad.com/library/screw-with-round-thread-parafuso-com-rosca-redonda-1>>. Acesso em: 15/03/2020.

GUIMMY. Extratores hidráulicos e saca polias, 2019. Disponível em: <<http://www.guimmy.com.br/produto/extratores-hidraulicos-e-saca-polias.html>>. Acesso em: 02/12/2019.

INTERFORMA. Rosca trapezoidal rosca de 3/4", 2020. Disponível em: <<http://www.interforma.com/produtos/id/84/00--rosca-trapezoidal-bitolas-de-34-a-112>>. Acesso em: 15/03/2020.

LOJA DO MECANICO. Fuso M22 x 1,5mm para saca polia, 2020. Disponível em: <<https://www.lojadomecanico.com.br/produto/127740/1/705/fuso-m22-x-15-para-saca-polias-gedore-8564-654-f>>. Acesso em: 28/05/2020.

LOJA DO MECANICO. Porca para parafuso de saca polias, 2020. Disponível em: <<https://www.lojadomecanico.com.br/produto/127661/1/705/porca-para-fuso-de-saca-polias-gedore-8564-654-pf>>. Acesso em: 28/05/2020.

LOJA DO MECANICO. Saca polia de 150mm com 3 garras, 2019. Disponível em: <<https://www.lojadomecanico.com.br/produto/80688/1/705/Saca-de-Polia-150mm-com-3-Garras-Articuladas>>. Acesso em: 12/12/2019.

LOJA DO MECANICO. Saca polia hidráulico com 8" com 3 garras, 2020. Disponível em: <<https://www.lojadomecanico.com.br/produto/87521/1/705/saca-polia-hidraulico-8-pol-com-3-garras-tramontina-pro-44077008>>. Acesso em: 02/02/2020

MELCONIAN, Sarkis. Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais. 17ªed. Editora Érica.

NEI. Ferramentas manuais, 2019. Disponível em: <<https://www.nei.com.br/lancamentos/atividade/ferramentas-manuais?page=3>>. Acesso em: 12/12/2019.

NORTON,R., Projeto de Máquinas – Uma Abordagem Integrada, 2ª Edição, Bookman.

PALACIO DAS FERRAMENTAS. Saca polias com 3 garras articuladas, 2020. Disponível em: <https://www.palaciodasferramentas.com.br/produto/11198/ferramentas-manuais/saca-polia-extrator-parafuso/saca-polia-3-garras-articuladas-ab300-mm-st90642-sata/?campaign_id=1&campaign_source_id=3&campaign_source=gshopping&utm_source=google%20shopping&utm_medium=cpc&utm_campaign=google%20shopping&gclid=EAlalQobChMI2pa__ezX6QIV2obVCh1b9w_vEAKyEYABEglODvD_BwE>. Acesso em: 28/05/2020.

PDFSLIDE. Torneiro mecânico operação abrir rosca externa, 2020. Disponível em: <<https://pdfslide.net/documents/abrir-rosca-quadrada-externa.html>>. Acesso em: 10/03/2020.

PROELIS. Mini extrator de rolamentos, 2020. Disponível em: <<https://www.proelis.com.br/mini-extrator-rolamentos-polia.php>>. Acesso em: 09/01/2020.

RECAF. Extratores de disjuntores, 2020. Disponível em: <<http://recaf.com.br/extrator-de-disjuntores/>>. Acesso em: 16/02/2020.

ROLSUL. Extratores hidráulicos, 2019. Disponível em: <<https://rolsul.com.br/produto/extratores-hidraulicos-ntn-snr/>>. Acesso em: 03/12/2019.

SERMATECNET. Retroextratores, 2020. Disponível em: <<https://www.sermatecnet.com.br/produto-site/tmbs-100e>>. Acesso em: 10/01/2020.

SHIGLEY, Joseph E. MISCHKE, C. R. BUDYNAS, R. G. Projeto de engenharia mecânica: . 7. Porto Alegre : Bookman, 2005. p. 960.

SHOW DE FERRAMENTAS. Extrator externo de rolamento. 2019. Disponível em: <Fonte:<https://showdeferramentas.commercesuite.com.br/separador-do-mancal-stanley-94-832>> Acesso em 03/12/2019.

SHOW DE FERRAMENTAS. Separador de mancal Stanley, 2020. Disponível em:<<https://showdeferramentas.commercesuite.com.br/separador-do-mancal-stanley-94-832>>. Acesso em: 02/03/2020.

SKF. Kit de extrator com 3 garras, 2019. Disponível em: <<https://www.skf.com/br/products/maintenance-products/mechanical-tools-for-mounting-and-dismounting/bearing-pullers/external-pullers/hydraulic-jaw-puller-kit/index.html>>. Acesso em: 03/12/2019.

SKF. Mechanical tools for mounting and dismounting bearing pullers, 2020. Disponível em: <<https://www.skf.com/br/products/maintenance-products/mechanical-tools-for-mounting-and-dismounting/bearing-pullers/external-pullers/hydraulic-jaw-puller-kit/index.html>>. Acesso em: 04/03/2020.

SKF. Bearing puller maintenance, 2019. Disponível em: <<https://www.skf.com/pt/products/maintenance-products/mechanical-tools-for-mounting-and-dismounting/bearing-pullers/reversible-pullers/index.htm>>. Acesso em: 13/12/2019.

TIMKEM. Extratores mecânicos, 2019. Disponível em: <<https://www.timken.com/pt-br/products/produtos-de-trasmissoao-de-potencia-mecanica-da-timken/ferramentas/mechanical-pullers/>>. Acesso em: 15/12/2019.

USIVAL. Usival: Saca rolha hidráulico, 2019. Disponível em: <<http://www.usival.com.br/saca-rolamento-hidraulico>>. Acesso em 04/12/2019.

VISAO ROLAMENTOS. Ferramentas para rolamentos, 2019. Disponível em: <<http://www.visaorolamentos.com.br/ferramentas-rolamentos.php>>. Acesso em: 04/12/2019.