

## **Comparativo dos principais sistemas de elevação de automóveis pequenos**

**Elenilson Silva Santos; Fernando Pereira da Silva; Renan Ferreira da Silva; Victor Cavalcante de Oliveira Gurgel; Vinicius Cardial de Souza.**

**Orientador: Me. Leandro Ferreira Gomes.**

**Resumo:** O tema deste trabalho será realizar a comparação entre três diferentes sistemas de equipamentos para elevação de automóveis. Serão apontados dados obtidos em nossas pesquisas sobre os três diferentes sistemas de macaco automotivo: mecânico, elétrico e o hidráulico. Serão explicadas as informações técnicas pertinentes a cada sistema, também será apresentada a evolução histórica dos equipamentos em questão.

Palavras chaves: automóveis, elevação, mecânico, elétrico e hidráulico.

## **Comparison of the main small engine displacement systems**

**Abstract:** The theme of this work will be to compare three different systems of equipment for lifting cars. Data obtained in our research on the three different automotive jack systems will be pointed out: mechanical, electrical and hydraulic. The technical information relevant to each system will be explained, and the historical evolution of the equipment in question will also be presented.

Keywords: automobiles, elevation, mechanic, electric and hydraulic.

# 1 INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho de conclusão de curso é apresentar informações técnicas sobre instrumentos de elevação, valor comercial e a melhor aplicabilidade para cada um.

Abordando a comparação entre os três tipos de sistemas de elevação, sendo eles: macaco mecânico, macaco hidráulico e o macaco elétrico.

Será ainda apresentada a história dos sistemas de elevação, as principais atribuições, os modelos disponíveis de cada sistema e demonstradas as melhores escolhas em relação a custo-benefício, carga máxima suportada e necessidade dos clientes.

Este trabalho final de curso é muito importante para comércios relacionados ao automobilismo, pois os auxilia na melhor escolha para cada estabelecimento, podendo o mesmo economizar financeiramente e mesmo assim atender as necessidades dos clientes.

O trabalho tem como objetivo realizar a comparação entre os principais tipos de sistemas de elevação para uso individual e de empresas de pequeno porte como borracharias e postos de gasolina.

Este trabalho também contribuirá para a formação acadêmica dos alunos: aprendizagem e aplicação de métodos de resolução de problemas, realização de trabalhos científicos, medição das dimensões de elementos de máquinas, especificações de peças de processos de fábrica e desenhos técnicos

## **1.1 Justificativa**

O grupo escolheu o tema do trabalho para auxiliar as pessoas e comerciantes que desejam adquirir um macaco de elevação. Tendo isso em vista, iremos apontar a ferramenta ideal para cada caso, uma pessoa com seu carro particular e pequenas empresas como borracharias.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é auxiliar o donos de microempresas relacionadas ao automobilismo, qual o mais indicado sistema de elevação que ele deve utilizar em seu comércio, e para a população que não possuem conhecimento, mas que possuem um automóvel, indicar o melhor macaco de elevação para sua utilização, levando em conta suas necessidades e praticidade.

## **2 METODOLOGIA**

Para atingir os objetivos, realizou-se pesquisas de mercado, história e de produtos de elevação, visando o apontamento de forma clara e objetiva, quais os melhores sistemas de elevação atende cada pessoa ou empresa que venham a utilizar destes equipamentos. Para poder fazer um comparativo dos mesmos, foi se necessário pesquisar modelos de macacos de diversos fornecedores, para trazer uma média dos preços, e qual melhor atende a necessidade de cada pessoa, seja quanto a capacidade máxima suportada, em questão de carga (KG), e em melhor custo benefício.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Fluido**

Fluido pode ser definido como uma substância que é deformada e que escoar, ou seja, não conseguem resistir a uma força paralela a sua superfície, a tensão de cisalhamento. Os fluidos podem ser, tanto liquido, como gases ou até mesmo o plasma. O

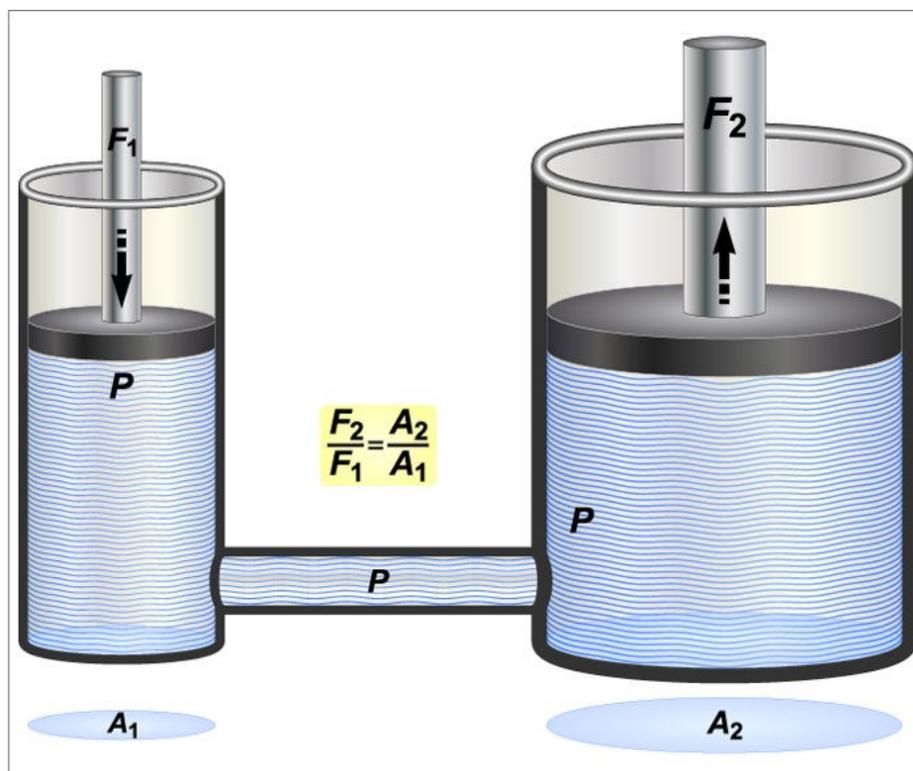
liquido consegue adquirir o formato do recipiente, e é incompressível. Os gases são compressíveis, não possuem volume definido e não formam uma superfície livre ao preencher um recipiente. (CENGEL; CIMBALA, 2015).

### 3.2 Princípio de Pascal

Para a aplicação de grandes forças, os maquinários têm utilizado de sistemas hidráulicos para obter maior agilidade e facilidade para executar tão ação. Sendo como exemplo desta aplicação a utilização em braços de uma escavadeira, sistemas de freios de automóveis e macacos hidráulicos, entre outros. Estes exemplos têm como origem a hidráulica, que tem como base o Princípio de Pascal, que nos expõe que ao aplicar a força em um determinado fluido, a pressão exercida é igual em qualquer um dos pontos do fluido, e graças a essa propriedade física, é possível estar multiplicando as forças fazendo a alteração das bases onde as forças agem. (ANJOS; LAUDARES; MAIA, 2016). A Figura 1, mostra dois pistões conectados por um fluido incompressível.

#### Princípio de Pascal

Figura 1: exemplo do Princípio de Pascal



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-de-pascal.htm>

### 3.3 Pressão

Pressão, é força aplicada a superfície de um objeto por unidade de área, sobre a qual a força é distribuída. Pode ser definida pela razão da força aplicada e a área de contato. A unidade da pressão, é o Pascal (Pa), ou seja, a cada 1 Pascal de força exercida sobre uma superfície de 1m<sup>2</sup>, é equivalente a 1 N de força. (CENGEL; CIMBALA, 2015)

Sua fórmula é a seguinte:

$$P=F/A.$$

### 3.4 Torque

Para rotacionar um objeto, é necessária a aplicação do torque, que é uma grandeza física vetorial. A direção e sentido do torque são determinados pela regra da mão direita. Movimentos no sentido horário têm torque negativo, já movimentos no sentido anti-horário têm torque positivo. O torque por meio do produto entre a força aplicada, a distância do eixo e o seno do ângulo formado entre eles, a unidade do torque é Newton por metro. No equilíbrio de rotação, a soma dos torques é nula, e o momento angular é constante. Momento angular é o produto entre o raio, o momento linear e o seno do ângulo entre eles. (CARREGARO; TOLEDO et al., 2008)

Sua fórmula é a seguinte:

$$T = r * F * \text{sen } \theta$$

### 3.5 Origem do macaco

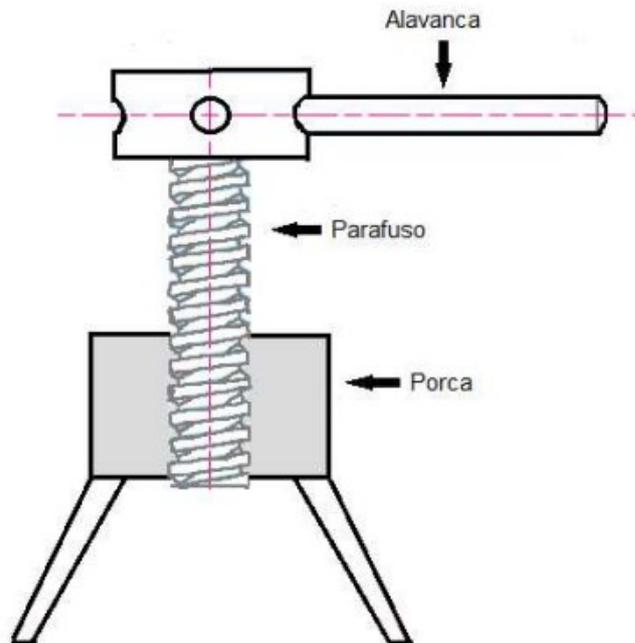
O inventor do macaco hidráulico foi o escocês Richard Dudgeon, porém, não foi ele quem teve a ideia do nome, isso ocorreu algumas décadas após sua morte, a empresa que ele construiu, fabricava e comercializava a ferramenta na mesma época em que era lançado o filme “ King Kong”, como uma grande jogada de marketing, alguns funcionários tiveram a ideia de associar o nome do filme, a ferramenta que eles produziam, como uma forma de simbolizar que o equipamento exercia uma grande quantidade de força.

### 3.6 Fundamentos de operação.

#### 3.6.1 Macaco mecânico

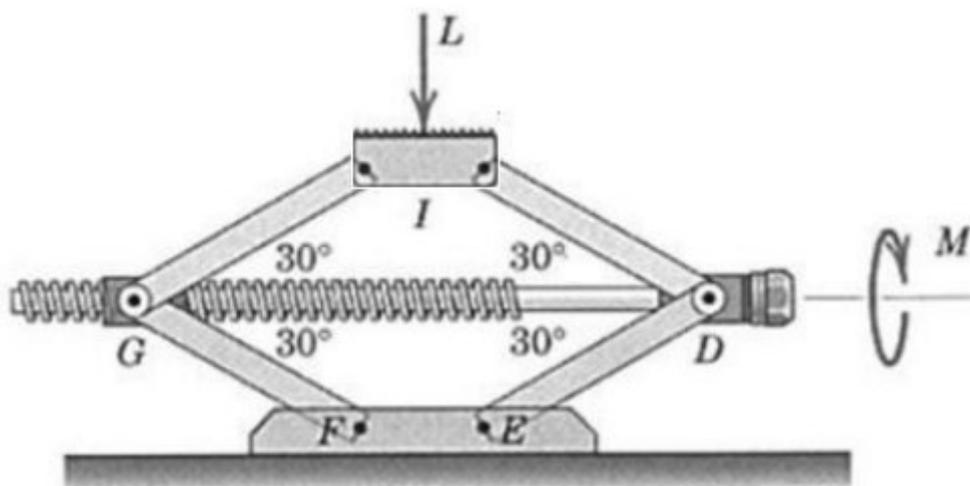
O macaco mecânico cilíndrico, é composto basicamente por um parafuso, uma porca, uma alavanca e o corpo do dispositivo. Podendo ser acionado pela alavanca enquanto a porca está fixa, a carga é movimentada através da rotação da alavanca e dependendo do sentido do acionamento, ela pode elevar ou abaixar o equipamento.

Figura 2 – esquema de um macaco mecânico com porca fixa



Fonte: (Khurmi, 2005).

Figura 3 – croqui de forças exercidas no macaco



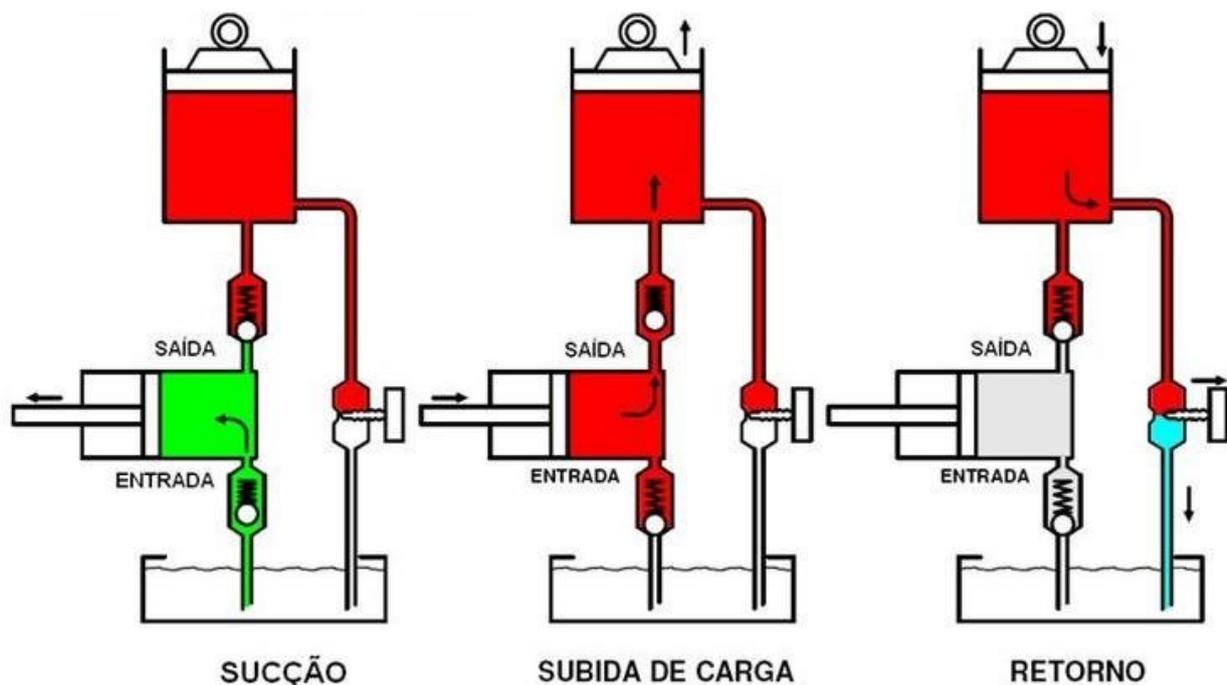
Fonte:

(<https://app.respondeai.com.br/materias/solucionario/livro/6/educacao/12/exercicio/29687>)

### 3.6.2 Macaco Hidráulico

O sistema do macaco hidráulico, é composto por: 2 pistões de diâmetros diferentes, fluido hidráulico, válvulas de controle de direção, válvula borboleta e haste de alavanca. O método de funcionamento ocorre quando, uma força aplicada manualmente na haste de alavanca, acionando o pistão de diâmetro menor, acarretando no acionamento da válvula de controle de direção, impedindo que o fluido retorne para a câmara de armazenamento, acarretando no direcionamento do fluido em direção do pistão de diâmetro maior, o qual estará empurrando o pistão de maior diâmetro, que irá erguer a carga. Após alcançar a operação desejada, para estar retornando o equipamento para sua posição repouso, basta estar acionando a válvula borboleta, liberando a passagem do fluido para a câmara de armazenamento do fluido.

Figura: 4 – esquema de um macaco hidráulico



Fonte: (www.researchgate.net)

#### 4 DESENVOLVIMENTOS E PROJETO DE PRODUTO

Resumindo (FONSECA, 2000), o processo de desenvolvimento de produtos inclui uma ampla gama de atividades, desde a identificação de oportunidades de negócios até o lançamento. Analisando esta afirmação, observa-se que para passar de um conceito abstrato para um processo formal, uma série de ações precisam ser implementadas ao longo do tempo, que como um todo envolvem: a equipe de pesquisa, o fabricante, o usuário e o cliente, com impacto direto na competitividade no mercado.

O desenvolvimento de produtos provou ser uma fonte significativa de oportunidades para fabricantes, vendedores, usuários e clientes. Faça melhorias que levem a melhores resultados. No início de todo o processo de projeto, pressupõe-se que as necessidades do cliente sejam atendidas, portanto, é fundamental enfatizar o significado do termo na linguagem de projeto do produto e desdobrá-lo de acordo com as especificações do projeto. Nesses desenvolvimentos, é necessário construir uma compreensão do significado de outros termos: projeto; produto; usuário; cliente; cliente e requisitos de projeto e especificações do produto (PMI, 2000). O Quadro 1 lista as informações que o projeto deve obter.

**Quadro 1 – Tendência de projeto**

<b>Tipo de informação</b>	<b>Descrição</b>
Tendência do projeto	Desenvolver produto
Necessidade	Suprir especificações do usuário
Requisitos do cliente	Definidos e estruturados
Requisitos do projeto	Tender a necessidades dos clientes
Especificações do projeto	Desdobramento e requisitos que o produto deve suprir

Fonte: (PMI,2000)

(SLACK, 1996) define outros elementos como: complexidade, incerteza e ciclo de vida. A complexidade está relacionada ao número de diferentes atividades necessárias para atingir os objetivos do projeto. A relação entre todas essas atividades pode ser complexa, principalmente quando o número de atividades no projeto é grande. A incerteza refere-se ao planejamento. Todos os projetos devem ser planejados antes da execução, pois sempre há um elemento de risco. Alguns exemplos de projetos (PMI, 2000).

- Desenvolver novos produtos
- Mudar a forma como uma organização é estruturada, pessoas ou opera.
- Projeto de novos veículos de transporte.
- Desenvolver ou adquirir sistemas de informação novos ou modificados.

Segundo Back (1983), o projeto de engenharia é uma atividade que atende às necessidades humanas, essencialmente aquelas atividades que podem ser alcançadas por meio de fatores tecnológicos em nossa cultura. Segundo Amaral et al. (2006), nas etapas iniciais de um projeto de produto, logo após a compreensão do problema, as pessoas buscam ouvir a "voz do cliente", ou seja, suas necessidades, e após a correlação, compõem o os chamados requisitos do cliente. Após o processamento desses requisitos, a fim de remover a subjetividade e adequá-los à forma como podem ser utilizados, eles devem ser descritos por características técnicas, que podem ser mensuradas e, assim, definir os requisitos do produto. Design é tanto fazer planos para atender a necessidades específicas quanto resolver problemas. Se tal plano resultar na criação de algo com realidade física, o produto deve ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, fabricável e comercializável. Esses termos são definidos da seguinte forma (SHIGLEY, 2005). Além de um projeto ser ad hoc e único, Slack (1996) define outros elementos para ele: complexidade, incerteza e um ciclo de vida para atingir os objetivos do projeto.

Slack (1996) também apontou que a relação entre todas essas atividades pode ser complexa, principalmente quando o número de atividades no projeto é grande, levando à incerteza de planejamento. Todos os projetos devem ser planejados antes da execução, pois sempre carregam um elemento de risco. A engenharia reforça as várias fases e processos do gerenciamento de projetos. Isso significa que engenharia, P&D e produção devem ser integrados desde o início do projeto, mesmo antes de qualquer atividade ser

realizada. A engenharia pode ser o principal fator para a crescente aceitação do gerenciamento de projetos (KERZNER apud ROMANO, 2003, p. 44).

Durante o desenvolvimento, diferentes tipos de produtos trazem diferentes peculiaridades, como a duração do projeto. É previsível que o projeto original de desenvolvimento do produto seja naturalmente uma melhoria ou adaptação mais longa do produto. Dito isso, o ciclo de vida do projeto varia de acordo com o tipo de produto a ser desenvolvido. Isso também tem a ver com a natureza do projeto de desenvolvimento de produto. - Criatividade: O projeto precisa criar algo novo, seja original ou um produto melhorado ou adaptado. - Complexidade: O projeto envolve decisões sobre um grande número de parâmetros e variáveis, como configuração, desempenho funcional global e de componentes, materiais, aparência, métodos de produção, etc. - Comprometimento: O projeto precisava equilibrar requisitos múltiplos e muitas vezes conflitantes, como desempenho de custo, materiais e durabilidade. - Escolha: O projeto envolve a escolha entre várias soluções possíveis para o problema em todos os níveis, desde o conceito básico do produto até o menor detalhe de cor ou forma (SLACK, 1996). De acordo com as definições fornecidas, projetos de desenvolvimento de produtos são aqueles que visam executar o processo de geração de ideias de commodities materiais por meio de várias etapas até o lançamento do produto. Projetos para desenvolver esses produtos são frequentemente chamados de processos de desenvolvimento de produtos (ROMANO, 2003).

#### **4.1 Definição da necessidade**

Por definição, uma necessidade é um estado de deficiência que precisa ser superado ou satisfeito para melhoria. A importância das necessidades para o desenvolvimento de projetos é que são necessidades que levam a ações individuais, e sua satisfação é muitas vezes um fator motivador. Os autores (ERTAS & JONES, 1996) descrevem que o processo de projeto começa com a identificação de requisitos que podem ser satisfeitos pelo produto do trabalho de engenharia. A escala e a variedade de requisitos são enormes e dependem da complexidade do produto a ser desenvolvido.

O ponto mais importante a considerar é que é virtualmente impossível determinar a solução ou solução correta para um problema sem uma compreensão consciente dos requisitos. Embora as necessidades humanas de comportamento condicionado sejam importantes, os fatores que ligam as necessidades aos produtos

industriais serão o foco principal. Além de obedecer ao caráter e personalidade inerentes a cada pessoa, outros fatores podem interferir e contribuir para o seu surgimento, como o ambiente em que desempenham importante papel, constituindo-se em um ponto de interesse fundamental no desenvolvimento de produtos. Projetado com as preferências do consumidor em mente.

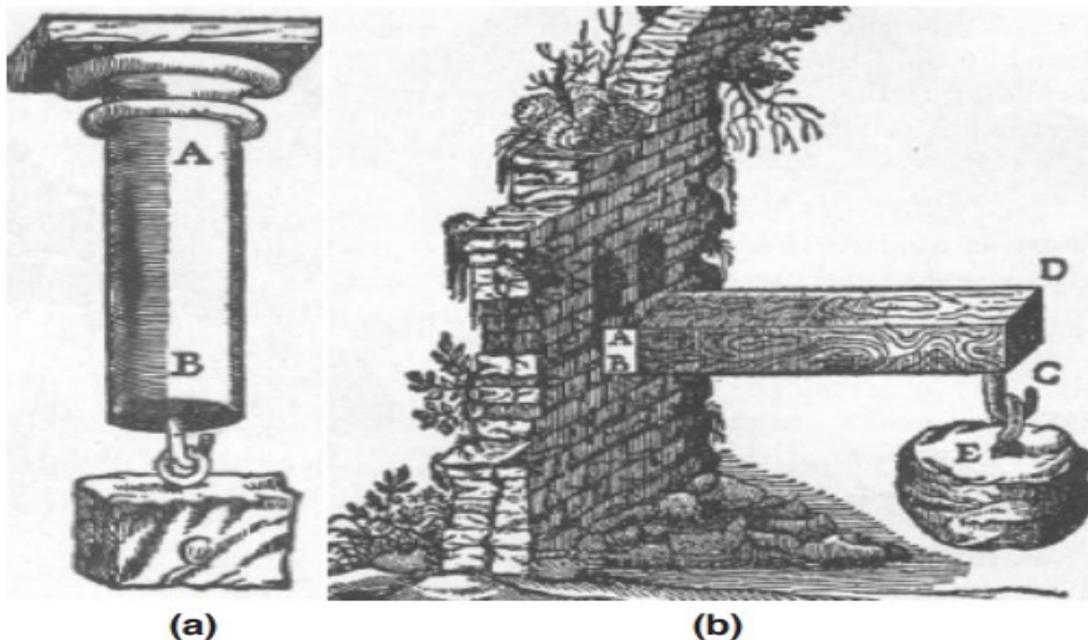
Embora todo projeto comece com a descoberta das necessidades, há um processo inverso para manipulá-las, atuando nos mecanismos humanos internos que geram o desejo de consumir, atuando assim nas chamadas necessidades reais dos potenciais consumidores (FONSECA, 2000). Ele estabelece necessidades como manifestações espontâneas de potenciais usuários do produto ou de diferentes categorias de clientes relacionadas ao projeto ou produto, ou ainda dados brutos sobre as necessidades dos clientes. Pode ser redundante e expressar características do produto. A partir dessa afirmação, é importante definir o que é o cliente e o ciclo de vida do produto.

## **5 HISTÓRIA**

Segundo (OLIVEIRA 2006) os egípcios construíram suas grandes obras há milhares de anos, porém, não se sabe se houve estudos anteriores avaliando os critérios para os materiais e estruturas que utilizavam. De acordo com (TIMOSHENKO, 1953), Leonardo da Vinci foi o primeiro no século 15 a registrar testes de carregamento com o objetivo de avaliar o comportamento estrutural dos materiais. Em uma de suas notas intitulada "Teste de resistência de barras de ferro de vários comprimentos", ele descreve uma proposta de teste de carga, que faz as seguintes observações: "O objetivo deste teste é descobrir a carga que pode ser suportada". De acordo com (TIMOSHENKO, 1953) Galileo Galilei também realizou testes de carga colocando certas estruturas sob certos tipos de cargas para estudar a tensão aplicada.

Ao observar as estruturas e considerar a resistência dos materiais que as compõem, concluiu empiricamente que a resistência das hastes é proporcional à área de sua seção transversal e independente de seu comprimento. A Figura 5 mostra um teste de estresse realizado pelo Galileo para analisar tensões em peças axialmente tensionadas e dobradas:

Figura 5 – teste de tensões



Fonte: Timoshenko (1953).

Segundo (OLIVEIRA, 2006), na época, os ensaios de carregamento em elementos estruturais isolados eram muito importantes, pois o desenvolvimento de modelos matemáticos de comportamento e resistência dos materiais baseava-se principalmente em trabalhos empíricos, amplamente utilizados por Galileu Galilei, considerado uma introdução à métodos empíricos na ciência.

De acordo com mais tarde (OLIVEIRA, 2006), no século XIX, com o advento da revolução industrial, a parametrização de processos tornou-se uma prática necessária, como forma de garantir a qualidade, entre outros requisitos. Alguns materiais agora possuem procedimentos padronizados para avaliar as propriedades mecânicas de interesse em suas aplicações. Segundo (OLIVEIRA 2006), em meados do século XX, os procedimentos de dimensionamento foram padronizados e normalizados, resultando na especificação padronizada da astm (*american society for testing and materials*). O Quadro 2 descreve o histórico de desenvolvimento dos testes de carga, em relação à aplicação da prática de engenharia e ao desenvolvimento dos métodos de testes e análises utilizados durante este período.

**Quadro 2 - Histórico de testes de carregamento x Prática de Engenharia x Testes de Carregamento versus cálculos**

PERÍODO	PRÁTICA DE ENGENHARIA	TESTE DE CARREGAMENTO VERSUS CÁLCULOS
ANTIGUIDADE	A arte do conhecimento é passada de construtor para construtor	Intuição, tentativas, erros e acertos. Poucos testes de carregamento ou dimensionamentos.
RENASCIMENTO	Início das tentativas de testes e procedimentos padronizados (tração, compressão e flexão).	Testes usados para calibrar modelos teóricos de resistência.
SÉCULO XIX	Manuais forneciam poucas informações sobre a resistência dos materiais (grandes coeficientes de incerteza).	Aumento do uso de procedimentos-padrão em testes de carregamento. Dimensionamento ainda pouco desenvolvido.
INÍCIO DO SÉCULO XX	Criação dos primeiros equipamentos de teste para caracterizado de materiais, irmãos Wright, indústria automobilística, códigos de normalização ASTM.	Começo dos testes e desenvolvimento de técnicas analíticas.
TEMPOS ATUAIS	Ciência baseada em normas de procedimentos, materiais e dimensionamentos.	Alto nível de testes de carregamento realizados pelo grande desenvolvimento de técnicas analíticas.

Fonte: (HALL e TSAI 1989)

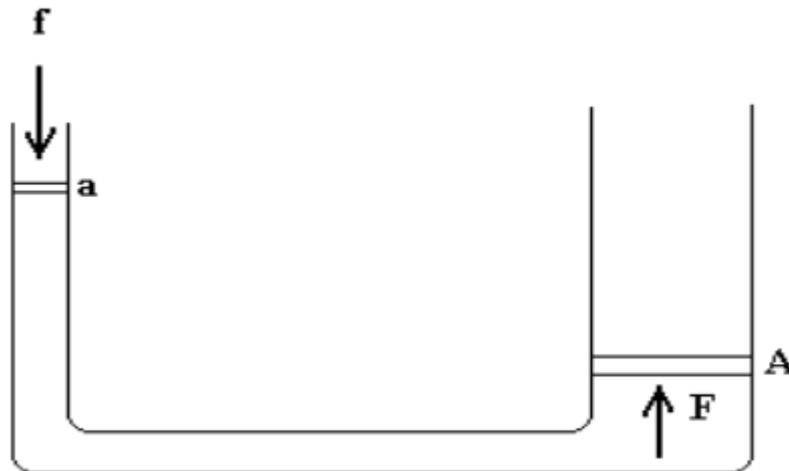
## 5.1 Esquema Geral de um Sistema Hidráulico

Segundo (PARKER,1997), existem inúmeros tipos de circuitos hidráulicos dependendo do tipo de aplicação, mas seguem sempre o mesmo esquema e podemos dividi-los em três partes principais: - Sistemas de geração de energia: consistem em tanques, filtros, bombas, motor, acumulador, *supercharger* e outros acessórios. - Sistema de distribuição e controle: composto por válvulas de controle de vazão, pressão e direcional. - Sistemas de aplicação de energia: aqui podemos encontrar atuadores sem motores hidráulicos cilíndricos e osciladores.

O esquema básico representado na figura 6 demonstra a mudança de pressão sofrida por um ponto de equilíbrio do líquido, onde ( $f = \text{força}$ ) a força exercida pela alavanca é transmitida integralmente a todos os pontos do líquido e às paredes do recipiente que contém o líquido. Aplicado à coluna mais estreita de uma bomba de macaco hidráulico A

pressão em (uma área de seção transversal de  $a$ ) é transmitida para todos os pontos no fluido. Essa pressão é transmitida para a outra extremidade, onde a área da seção transversal da coluna é  $A$  (maior que  $a$ ).

Figura 6 - Esquema bomba de um macaco hidráulico



Fonte: Brunetti, 2088

## 5.2 Vantagens dos Sistemas Hidráulicos

Os sistemas hidráulicos são usados quando se tenta evitar ou impossibilitar sistemas mecânicos ou elétricos. Além de ter custos de instalação mais baixos, a manutenção pode ter um desempenho relativamente bom com altos fatores de elevação de carga. Ao comparar os três sistemas, analisamos as vantagens da utilização de um sistema hidráulico (PARKER, 1997).

## 5.3 Vantagens

Instale facilmente diferentes elementos, oferecendo grande flexibilidade mesmo em espaços apertados. Equivalentes em sistemas mecânicos não têm mais essa

flexibilidade. - Devido à baixa inércia, o sistema hidráulico permite uma reversão de movimento rápida e suave, ao invés da mesma situação que ocorre em sistemas mecânicos e elétricos. - Possibilidade de variação micrométrica de velocidade. Por outro lado, os sistemas mecânicos e elétricos apenas os estendem de maneiras caras e difíceis. - São sistemas auto lubrificantes, não o mesmo em sistemas mecânicos e elétricos. - Comparado aos sistemas elétricos e mecânicos, seu peso e tamanho são pequenos em relação à potência consumida. - São sistemas facilmente protegidos em relação aos mecânicos e elétricos (PARKER, 1997).

## **6 ELEMENTOS DE MÁQUINAS**

O estudo dos desenhos de engenharia e da metalurgia geralmente inclui instruções sobre vários métodos de união, e a curiosidade de qualquer pessoa interessada em engenharia mecânica levará naturalmente a adquirir um bom conhecimento básico de métodos de fixação. Ao contrário das primeiras impressões, este tema é um dos mais interessantes em todo o campo do projeto mecânico (SHIGLEY, 2005). Para dimensionar equipamentos de elevação e movimentação de cargas, é necessário estudar os elementos disponíveis para tais máquinas e como são dimensionados. Alguns desses componentes são descritos abaixo e brevemente descritos.

### **6.1 Parafusos de potência**

Segundo Shigley (2005), um parafuso de potência é uma peça utilizada em uma máquina cuja finalidade é converter movimento angular em movimento linear para transmissão de potência. As aplicações comuns parafusos para tornos, prensas e macacos hidráulicos.

### **6.2 Chavetas e pinos**

Em estudo realizado por Shigley (2005), pôde-se verificar que chaves ou pinos podem ser utilizados para fixar o elemento rotativo ao eixo. Esses elementos rolantes podem ser: engrenagens, polias ou outras rodas. A chave também é usada para transmitir

torque do eixo para o elemento que ele suporta. Os pinos são usados para posicionamento axial e transferência de torque ou empuxo (força axial), ou ambos.

### **6.3 Visão geral de um eixo**

Um eixo é um elemento rotativo usado para transmitir energia ou movimento. A geometria do eixo é geralmente um cilindro escalonado. Engrenagens, rolamentos e polias devem sempre ser posicionados com precisão e devem ser dispostos para suportar cargas axiais. O uso de um ressalto é um excelente método de posicionamento axial de um elemento de eixo: este ressalto pode ser usado para pré-carregar o rolamento e fornecer a reação de empuxo necessária para o elemento rotativo. Por essas razões, nossas análises geralmente envolvem eixos escalonados.

### **6.4 Aplicação de forças**

O movimento humano é causado pela contração muscular. A força desses movimentos depende do número de fibras musculares contraídas. Geralmente, apenas dois terços das fibras musculares podem se contrair voluntariamente de cada vez. As contrações musculares não devem exceder 20% da força máxima por longos períodos de tempo (IIDA, 2005).

## **7 EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DOS ENSAIOS DE PROVA DE CARGA**

Segundo (NIYAMA, AOKI, CHAMECKI, 1998), o ensaio de teste de carga vem evoluindo desde que o registro foi estabelecido para torná-lo mais claro, rápido, econômico e permitir sua execução. A maneira mais representativa de passar das condições previstas para as condições reais de execução. Sua evolução envolve instalação, métodos, equipamentos, operação, interpretação e documentação de resultados. Pode-se dizer que a história dos testes de carga no Brasil está diretamente relacionada à grande contribuição do IPT, da empresa Estacas Franki e do professor Antônio José da Costa Nunes,

considerados os pioneiros dessa tecnologia no Brasil. Segundo (NIYAMA, AOKI, CHAMECKI, 1998), o método denominado SML (Slow Hold Load Test) é considerado o procedimento mais antigo e tradicional utilizado no Brasil. Nesses testes, geralmente é usado um macaco hidráulico calibrado para aplicar a carga. No caso de cargas máximas muito altas, é utilizado um conjunto de macacos hidráulicos, com sistema elétrico ou manual, que aciona todo o conjunto ao mesmo tempo. No caso de testes diretos no solo de base, uma placa metálica rígida é utilizada para transferir a carga para o solo natural. No caso de testes de carga em estacas, um bloco de topo deve ser previamente moldado como elemento para transferir a carga do macaco para a fundação.

Segundo (NIYAMA et al., 1998), a medição da carga aplicada durante o ensaio foi realizada por meio de um manômetro que fornece a pressão do sistema de acionamento do macaco ou grupo de macacos hidráulicos. O uso atual de células de carga para leitura de pressão para maior precisão está documentado na literatura. O deslocamento é medido por um ou mais pares de medidores mecânicos de tensão ou deflexão que são fixados ao elemento da estrutura em estudo. Ainda de acordo com (NIYAMA et al., 1998), o desenvolvimento dessas técnicas de teste exige torná-las mais precisas, rápidas e menos dispendiosas, tornando-as cada vez mais acessíveis aos agentes relevantes. O teste de carga dinâmica é uma parte representativa dessa evolução tecnológica contínua, e sua ideia básica é um pouco diferente do teste tradicional, que é chamado de teste de carga estática. Outro registro dessa evolução é a já mencionada variação do teste lento (SML) segundo Godoy (1983); Paula et al (1988) e Milititsky, (1991).

## **8 MACACOS MECÂNICOS**

Os macacos mecânicos são usados para erguer grande quantidade de peso verticalmente. São muito práticos, possibilitando sustentar cargas de 5 a 1000Kn, tudo com base no material usado para fabricar o parafuso principal e o dispositivo em si. São extremamente fáceis de se manusear, sendo através de motores, ou manualmente.

Existem diversos tipos de macacos mecânicos, sendo os mais comuns, de Joelho e de tesoura, ou por outro nome como é conhecido o de tesoura, macaco mecânico de sanfona. Os macacos mecânicos são os tipos mais baratos no mercado, e mais usados por pessoas, para em sua maioria, trocar um pneu furado.

## 8.1 Macaco mecânico tipo tesoura ou sanfona

Os macacos do tipo ‘tesoura ou sanfona, como é mostrado na Figura 7, vêm sendo utilizados desde 1930. Este tipo tem o design parecendo uma tesoura ou sanfona, de onde se retirou o nome para o mesmo, por ser pequeno, tem um limite máximo de 380mm que se pode levantar uma carga, variando de fabricante para fabricante. O funcionamento dele é simples, possuem quatro membros que são unidos por um parafuso, responsável pela parte que sofre o trabalho. A maneira de manuseá-lo é colocando uma alavanca na cabeça do parafuso, ao girar a alavanca, o parafuso começa a juntar os membros para erguer a carga ou abaixar. Este tipo de dispositivo consegue suportar uma carga máxima de 2 toneladas.

Figura 7 - Macaco tesoura



([www.lojadomecanico.com.br](http://www.lojadomecanico.com.br))

## 8.2 Macaco mecânico tipo joelho

Os macacos do tipo joelho, como é mostrado na Figura 8, têm o mesmo método de funcionamento do tipo sanfona, porém seu design é diferente, possui dois membros apenas, um parafuso que é responsável pelo trabalho e uma alavanca para girar o parafuso fazendo com que ele levante e abaixe a carga. Comparado ao macaco tipo sanfona, ele não consegue ficar parado sozinho, você precisa segurá-lo até que se abra e encoste na lateral do carro para ter estabilidade e poder levantar o automóvel. Este tipo de dispositivo consegue suportar uma carga máxima de 1 tonelada, embora seja bem difícil achar um com essa capacidade, as mais comuns são de 500Kg e de 600Kg.

**Figura 8 - Macaco Joelho**



([www.lojadomecanico.com.br](http://www.lojadomecanico.com.br))

## **9 MACACOS ELÉTRICOS**

O macaco elétrico ajuda aliviar esforço físico de um macaco manual, reduz o tempo total de reparo. Existem dois tipos de macacos elétricos, são eles:

O Standard, faz a função de cargas leves de até 3 toneladas.

O modelo Heavy Duty, aguenta cargas mais pesadas de 5 toneladas ou mais, ele deve ser conectado na bateria do carro, ou no acendedor do mesmo, precisa de uma potência específica para poder levantar a carga que for requisitada.

Os melhores macacos elétricos têm que ser produzidos com materiais bem reforçados. O mais importante antes de utilizar o macaco elétrico, é se orientar com o modo de uso, lendo bem as instruções para não ocorrer acidentes.

As vantagens do macaco elétrico, são: Maior eficiência na hora de levantar um veículo, pode ser usado em qualquer tipo de lugar e não danificará o seu local de apoio, como o piso da garagem e as pessoas não precisam se preocupar em derramar óleo. Embora tenha seus pontos positivos, ele é muito barulhento e não são tão fortes e potentes como os hidráulicos. Existem 3 marcas conhecidas de macacos elétricos são elas Husky, Bulldog e Dandaro, conforme as figuras: Figura 9, Figura 10, Figura 11.

**Figura 9 - Macaco Elétrico Super Bruto Husky 82022**



Fonte: ([www.macao.ubuy.com/pt/ubcheckout/onepage](http://www.macao.ubuy.com/pt/ubcheckout/onepage))

**Figura 10 - Macaco Eletrico Bulldog**



Fonte: ([www.riobikeshop.com.br](http://www.riobikeshop.com.br))

**Figura 11 - Macaco Elétrico Dandaro 4 EM 1 12V**



Fonte: ([www.dandaro4x4.com.br](http://www.dandaro4x4.com.br))

## **10 MACACOS HIDRÁULICOS**

Os macacos hidráulicos segundo (COSTA et al, RBFTA, DEZ 2017), são equipamentos que são aplicados para levantamento de cargas por meio da utilização da pressão, através do princípio de Pascal, atuando como um multiplicador de força aplicada sobre uma área. Este seguimento de equipamentos, possui a característica de serem altamente fáceis seu sistema de utilização.

No mercado atual, existe uma ampla variedade de modelos de macacos hidráulicos, e dentre eles, os mais comuns seriam o de tipo jacaré e o tipo garrafa. Entre estes dois modelos existem diferentes design, podendo ser modelos mais compactos ou mais alongados.

### **10.1 Macaco hidráulico tipo jacaré**

Os macacos hidráulicos tipo jacaré, conforme figura 12, este modelo de equipamento tem sido utilizado desde 1851. Foi selecionado este modelo devido a sua grande abrangência quanto aos estilos de carros que pode ser aplicado, pois a altura máxima alcançada por este modelo de equipamento é de 550mm, podendo atingir desde um veículo subcompacto até uma picape, e devido à está grande margem de altura, é um dos modelos mais recomendados para o meio profissional, sendo comum encontramos em estabelecimentos, como borracharias.

Foi selecionado o equipamento do fabricante Bovenau, de modelo: J2200, com capacidade de até duas toneladas e com seu sistema de movimentação por rodízios, faz com que seja possível sua utilização em superfícies em desnível. Com seu sistema hidráulico, em que aplicando pouca força em sua haste, que atua como uma alavanca, pressionando o pistão, aumentando a pressão do sistema, e por se tratar de uma haste longa, faz com que a força necessária seja menor, graças ao momento de torque.

**Figura 12 - Macaco hidráulico tipo jacaré**



([www.bovenau.com.br](http://www.bovenau.com.br))

## **10.2 Macaco hidráulico tipo garrafa**

Macacos hidráulicos de tipo garrafa, conforme mostrado na Figura 13, utilizam do mesmo princípio do tipo jacaré, mas com design mais compacto facilitando seu transporte, mas que não permite sua utilização em terrenos com grandes desníveis.

Foi selecionado o macaco hidráulico tipo garrafa do fabricante Bovenau, de modelo CJ 2700, de capacidade de carga máxima até duas toneladas. Com sua altura máxima alcançada de 345mm, podendo não atingir a altura necessária para algumas classes e modelos de veículos, sua utilização acaba sendo mais aplicada em ambientes domésticos.

**Figura 13 - macaco hidráulico tipo garrafa**



([www.bovenau.com.br](http://www.bovenau.com.br))

## 11 COMPARATIVOS DOS MACACOS

Em sequência será apontado quadros com os preços de cada modelo de sistema de elevação, nome do fornecedor e o custo médio para aquisição do equipamento. Também será indicada uma tabela com o comparativo de cada modelo e suas respectivas vantagens e desvantagens.

### 11.1 Quadro – Comparativo e média de preços

Os quadros, Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5, a seguir contém o comparativo e a média dos preços de cada modelo de macaco de elevação.

**Quadro 3 – Macaco Hidráulico**

MODELO JACARÉ		MODELO GARRAFA	
FORNCEDOR	VALOR	FORNCEDOR	VALOR
ANHANGUERA FERRAMENTAS	R\$:1.174,90	ANHANGUERA FERRAMENTAS	R\$:158,40
DUTRA MAQUINAS	R\$:1.259,10	DUTRA MAQUINAS	R\$:169,00
FERRRAMENTAS KENNEDY	R\$:1.199,09	FERRRAMENTAS KENNEDY	R\$:159,09
LOJA DO MECÂNICO	R\$:1.549,90	LOJA DO MECÂNICO	R\$:153,25
<b>MÉDIA</b>	<b>R\$:1.295,75</b>		<b>R\$:159,94</b>

**Quadro 4 – Macaco Mecânico**

MODELO SANFONA		MODELO JOELHO	
FORNCEDOR	VALOR	FORNCEDOR	VALOR
SUBMARINO	R\$ 152,71	FERRAMENTAS KENNEDY	R\$ 93,20
MAGAZINE LUIZA	R\$ 143,64	MAGAZINE LUIZA	R\$ 97,90
LOJAS AMERICANAS	R\$ 149,39	LOJAS AMERICANAS	R\$ 112,79
LOJA DO MECÂNICO	R\$ 129,90	LOJA DO MECÂNICO	R\$ 115,90
<b>MÉDIA</b>	<b>R\$ 143,91</b>		<b>R\$ 104,95</b>

**Quadro 5 – Macaco elétrico**

MODELO DANDARO		MODELO HUSKY	
FORNCEDOR	VALOR	FORNCEDOR	VALOR
MERCADO LIVRE	R\$ 1.099,99	AMAZON	R\$ 1.748,44
CASOCASO	R\$ 999,99	EBAY	R\$ 2.941,05
LOJAS AMERICANAS	R\$ 1.103,99	UBUY	R\$ 2.290,00
LOJA DO MECÂNICO	R\$ 1.299,99	ALIEXPRESS	R\$ 2.996,40
<b>MÉDIA</b>	<b>R\$ 1.150,99</b>		<b>R\$ 2.590,00</b>

**11.2 Quadro – Comparativo dos modelos**

De acordo com o Quadro 6, é apresentado o comparativo dos modelos de cada sistema de elevação.

**Quadro 6 – Comparativo dos sistemas de elevação**

MODELOS	MACACOS MECÂNICOS		MACACOS ELÉTRICOS		MACACOS HIDRÁULICOS	
TIPOS	SANFONA	JOELHO	HUSKY	DANDARO	JACARÉ	GARRAFA
VANTAGENS	MAIOR POPULARIDADE, POSSUI UM MELHOR CUSTO BENEFÍCIO E MAIOR FACILIDADE PARA SUA UTILIZAÇÃO.		MAIOR EFICIENCIA NO MOMENTO DA ELEVAÇÃO DO VEÍCULO, NÃO DANIFICA O LOCAL DE APOIO, NÃO HÁ PREOCUPAÇÃO COM ÓLEO.		MAIOR FACILIDADE DE OPERAÇÃO, MAIOR MOBILIDADE, MAIOR DISTÂNCIA DE ELEVAÇÃO	
DESVANTAGENS	MAIOR SENSIBILIDADE EM RALAÇÃO AO RELEVO DO TERRENO, MAIOR DIFICULDADE AO MANUSEAR DEVIDO AO ESFORÇO FÍSICO ELEVADO.		PRESENÇA MAIOR DE RUIDOS, VALOR DE MERCADO ELEVADO.		CARGA MÁXIMA INFERIOR A OUTROS MODELOS, MENOR MOBILIDADE.	
MÉDIA DE PREÇO	R\$ 143,91	R\$ 104,95	R\$ 2.590,00	R\$ 1.150,99	R\$ 1.295,75	R\$ 159,94
CARGA MÁXIMA	2 T	600 KG	2,2 T	5 T	2 T	2 T

## 12 CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÕES

O trabalho consistiu no desenvolvimento de uma pesquisa sobre diferentes modelos de equipamentos para elevação de automóveis de pequeno porte, sendo seus sistemas de acionamento, mecânico, elétrico e hidráulico. Com a análise dos produtos já existentes no mercado, fez-se possível a coleta de dados quanto as suas especificações técnicas, aplicação e o valor médio de mercado.

Com base nos dados obtidos pela pesquisa, comparando as características de cada modelo, com o foco do comparativo em apontar o modelo que melhor atende a estabelecimentos e proprietários de automóveis que buscam adquirir um macaco de elevação. Foi apontado o modelo de macaco hidráulico do tipo jacaré, como o que melhor atende aos comércios de veículos, como borracharias e oficinas devido a sua maior mobilidade e a sua fácil utilização, não dependendo de outros meios.

Já para proprietários de automóveis o melhor sistema de elevação seria o mecânico, variando o modelo de acordo com o carro. Carros mais pesados como: sedãs recomenda-se o modelo sanfona por elevar uma carga maior e ser mais prático, já para

carros menores como hatchbacks o modelo joelho atende, mas também podendo ser utilizado o tipo sanfona.

O projeto apresentou dificuldades no âmbito da pesquisa, devido à nem todos os fabricantes exporem as características dos equipamentos, e os que expõem, são dados superficiais, causando dificuldades para a obtenção de dados.

Embora com todas as dificuldades de obtenção de dados, o objetivo principal do trabalho foi alcançado com sucesso, sendo o objetivo principal de obtenção de dados referente a produtos existentes no mercado, visando apontar suas principais características, facilitar a seleção para aplicações no mercado e pessoas comuns. Utilizando os dados presentes neste trabalho, é possível a facilitação de escolha de um modelo de macaco, detalhando suas características, para que possa ser feita a aquisição de um equipamento que melhor atenda às necessidades do comprador.

### **13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. Mecânica dos fluidos-3. [S.l.]: AMGH Editora, 2015.

ANJOS, Z. E. N. dos; LAUDARES, F. A. L.; MAIA, C. Construção de um protótipo de freio a tambor automotivo para uma aplicação ao ensino do princípio de pascal. UFRJ, 2016.

CARREGARO, R. L.; TOLEDO, A. M. d. et al. Efeitos fisiológicos e evidências científicas da eficácia da fisioterapia aquática. Revista movimenta, v. 1, n. 1, 2008.

AMARAL, C. Daniel, et al, Gestão de Desenvolvimento de Produto. São Paulo: Saraiva, 2006.

Brunetti, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2 eds. Rev. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

ERTAS, A.; JONES, J. C. The engineering design process. New York: John Wiley & Sons, 1996.

FONSECA, A. J. H. Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional. Florianópolis, 2000. Tese de Doutorado, PPGEM – UFSC.

MANTOVANI, C. A. Metodologia de projeto de produto. 2011. Apostila. Baseada em REIS, A. V. Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – PPGEM – UFSC. Trabalho não publicado.

PARKER. Manual de Hidráulica Básica. Porto Alegre: 1997

ROMANO, Leonardo Nabaes. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 2003 (TESE).

SHIGLEY, Joseph E, Charles R.Mischke, Richard G. Budynas Projeto de engenharia mecânica: - Porto Alegre : Bookman, 2005.

SLACK, Nigel, Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1996.

DE PAULA, Maísa Baggio. Aprimoramento de um dispositivo de levantamento para implementos agrícolas. Pelotas, 2017. Trabalho de conclusão de curso. UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

COSTA, André Clemente da Costa. Et al. RBFTA, Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada. Otimização estrutural de um macaco hidráulico. Ponta Grossa. Dez. 2017.

BOVENAU. Bovenau: macacos e equipamento hidráulicos. c2022. Macacos hidráulicos tipo jacaré. Disponível em: <https://www.bovenau.com.br/macacos-hidraulicos-tipo-jacare/>. Acesso em: 08 de outubro de 2022.

BOVENAU. Bovenau: macacos e equipamento hidráulicos. c2022. Macacos hidráulicos CJ. Disponível em: <https://www.bovenau.com.br/macacos-hidraulicos-cj/>. Acesso em: 08 de outubro de 2022.