

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PROF. ALFREDO DE BARROS SANTOS
Mecânica Industrial

ELEVADOR PORTÁTIL PANTOGRÁFICO PARA MOTOCICLETAS

Isabely Aparecida Souza de Oliveira
Maria Julia dos Santos Pereira
Maria Júlia Martins Ribeiro
Nathana Miyuki dos Santos Ikeda
Paola Henrique Lourenço da Silva Gomes
Vitória Caroline Gonçalves Ribeiro
Orientador: Prof. Dr. Igor Alexandre Fioravante

Resumo: Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento e fabricação de um elevador portátil pantográfico, projetado para levantar motocicletas. O objetivo é tornar os serviços de manutenção mais flexíveis e dinâmicos, atendendo à necessidade de portabilidade e ocupando pouco espaço quando não estiver em uso. É essencial que o equipamento proporcione a agilidade necessária para a manutenção regular, com ênfase em sua mobilidade e em um custo de produção e venda que seja inferior ao dos produtos similares já disponíveis no mercado. No desenvolvimento foram utilizados cálculos manuais para peças através de cálculos analíticos, pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa e o uso de protótipo. Como resultado, por meio do protótipo, pode-se obter a confirmação da sua capacidade de proporcionar agilidade e praticidade nas operações, evidenciando o sucesso do projeto alcançando os objetivos propostos.

Palavras-chave: Elevador portátil. Maximização da flexibilidade. Praticidade de operação.

Abstract: *This work describes the process of developing and manufacturing a portable pantograph lift, designed to lift motorcycles. The goal is to make maintenance services more flexible and dynamic, meeting the need for portability and taking up little space when not in use. It is essential that the equipment provides the necessary agility for regular maintenance, with an emphasis on its mobility and a cost of production and sale that is lower than that of similar products already available on the market. In the development, manual calculations for parts were used through analytical calculations, bibliographic research, with a qualitative approach and the use of prototype. As a result, through the prototype, it is possible to obtain confirmation of its ability to provide agility and practicality in operations, evidencing the success of the project achieving the proposed objectives.*

Keywords: Portable elevator. Maximization of flexibility. Practicality of operation.

1 Introdução

Devido à praticidade, agilidade e tempo escasso, há um grande número de pessoas que, principalmente por hobby, preferem realizar manutenções regulares e diversas modificações

em suas motocicletas sem precisar recorrer a mecânicos. Com isso, muitos produtos são desenvolvidos para facilitar essas tarefas e explorar esse nicho de mercado. O objetivo deste trabalho é criar um elevador portátil voltado para esse público, uma vez que o mercado nacional carece de produtos semelhantes. Os modelos disponíveis no Brasil, geralmente, são projetados para uso em oficinas mecânicas, onde o espaço ocupado pelo equipamento não é uma preocupação, priorizando sua funcionalidade e capacidade de elevação. Isso os torna inviáveis para o uso particular, devido ao custo relativamente alto e por ocuparem espaço permanentemente, já que precisam ser fixados ao piso com parafusos.

Outro público que poderia se beneficiar da portabilidade do elevador são as pequenas oficinas mecânicas.

A proposta visa oferecer um produto que priorize mobilidade e praticidade, sem comprometer a confiabilidade, segurança e acessibilidade. O custo do produto também é um aspecto importante a ser considerado.

É importante destacar que o tema não é completamente inédito, pois já existem empresas que fabricam produtos semelhantes. No entanto, nenhuma delas é nacional, o que significa que, se um consumidor quiser um produto com a mesma finalidade, terá que importá-lo, o que eleva ainda mais o custo. Dessa forma, a proposta do trabalho é aproveitar a experiência dos fabricantes atuais, observando certos aspectos para diferenciá-lo e fazer a diferença em projetos futuros.

Outros pontos fundamentais deste projeto incluem a segurança do operador e a necessidade de um custo final reduzido, que deve ser mais acessível do que os modelos atualmente disponíveis no mercado. Além disso, o tamanho do produto, tanto quando fechado quanto totalmente aberto, deve permitir fácil mobilidade e ocupar pouco espaço para armazenamento quando não estiver em uso.

O trabalho justifica-se pautado no seu desenvolvimento, onde serão aplicados conhecimentos adquiridos em diversas áreas durante o curso, abrangendo desde metodologia de projeto até processos de fabricação e formas de produção e montagem, onde o foco foi sempre no baixo custo e na simplicidade de execução.

Entre os itens a serem estudados, destacam-se: definição das dimensões e montagem das peças e componentes; escolha do tipo de mecanismo de elevação a ser utilizado, com acionamento manual por meio de fuso, além do dimensionamento desse mecanismo, pois

quanto mais leve for o elevador, mais fácil será seu manuseio e transporte; e a apresentação dos sistemas de segurança e estabilidade do elevador.

No desenvolvimento do projeto, foram aplicados conhecimentos acadêmicos adquiridos ao longo do curso, abrangendo desde metodologia de projeto até processos de fabricação e montagem. Os métodos utilizados incluíram cálculos analíticos realizados manualmente para dimensionar as peças e garantir a estabilidade e funcionalidade do equipamento; pesquisa bibliográfica para explorar o nicho de mercado, identificar concorrentes e compreender as necessidades dos consumidores; e desenvolvimento de um protótipo funcional para testar a eficiência do design e a viabilidade técnica. Além disso, foi realizado um estudo detalhado sobre materiais e mecanismos, optando pelo uso de um sistema pantográfico com acionamento manual por fuso, que proporciona precisão no ajuste de altura e facilidade de operação.

2 Desenvolvimento

2.1 Fundamentação teórica

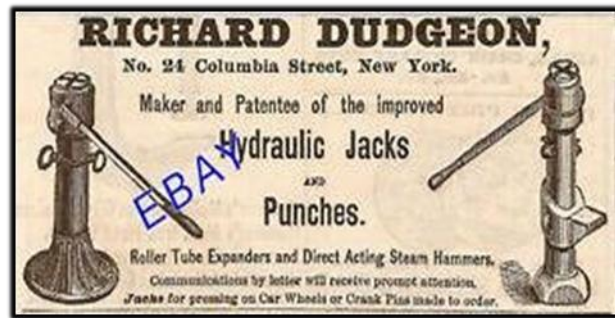
2.1.1 Origem do Macaco

Em algum momento de nossas vidas, já precisamos da ajuda de uma ferramenta ou máquina para realizar com sucesso uma operação, como a tarefa simples de substituir o pneu do carro. Para isso, contamos com o famoso macaco mecânico ou o macaco hidráulico. O equipamento macaco é muito usado entre motoristas e mecânicos, sendo utilizado tanto na troca de pneus em situações cotidianas quanto em oficinas mecânicas (Pereira Jr. *et al.*, 2021).

De acordo com Silva (2017), o surgimento do automóvel se deu no ano de 1885 quando o engenheiro mecânico alemão Karl Benz projetou e construiu o primeiro veículo prático movido a gasolina. Logo depois, Henry Ford criou o Ford T, carro conhecido em todo o mundo. Portanto, diante dessa nova realidade de transporte, surge a necessidade de manutenção da invenção mencionada.

O primeiro macaco hidráulico (Figura 1) foi inventado em 1851 por Richard Dudgeon e patenteado como “prensa hidráulica portátil”. Embora tenha sido usado em construções, demorou quase 50 anos para que os princípios fossem aplicados à indústria automobilística. Os primeiros macacos do Modelo T eram unidades de alavanca única feitas de ferro fundido e bastante pesada (Pista Matt, 2023).

Figura 1 – Primeiro Macaco Hidráulico



Fonte: Disponível em: <https://reparacaoautomotiva.com.br/2021/05/19/conheca-a-historia-do-macaco-hidraulico/>. Acesso em 11 set. 2024.

Assim, com base nesses protótipos, diversos outros modelos de macacos hidráulicos começaram a aparecer e a se aperfeiçoar progressivamente.

O termo “macaco” para a ferramenta de automóveis originou-se devido ao marketing de uma empresa dos Estados Unidos que produzia os equipamentos. Durante o lançamento do filme King Kong, a empresa teve a ideia de associar o equipamento ao nome “*Monkey*”, que em português significa macaco. O propósito da empresa era associar a ferramenta a um símbolo de grande força (Costa *et al.*, 2018).

2.1.2 Equipamentos de Elevação Automotiva: características gerais, análise de sua funcionalidade

Segundo BOXTOP (2023), os equipamentos de elevação automotiva, conhecidos como macacos, são ferramentas essenciais usadas na indústria automobilística quando há a necessidade de elevar um veículo à altura ideal para realizar manutenção ou inspeção. São importantes, pois sua função principal é otimizar os serviços executados por mecânicos, como consertos, manutenções periódicas, troca de óleo, entre outros processos que seriam mais demorados e demandariam mais esforço se feitos com o automóvel no chão.

Percebe-se que a sociedade está sempre em busca de melhorias e facilidades não só no seu dia a dia, mas também no âmbito profissional, onde há a necessidade de buscar praticidade e otimização do tempo. Assim, as restrições encontradas no uso de equipamentos de elevação automotiva mostram características marcantes que clamam por uma mudança em direção a uma maior conveniência.

Os macacos mecânicos, também conhecidos como macacos manuais, são ferramentas que requerem operação totalmente manual e exigem mais força para levantar um veículo. Apesar

disso, eles são eficientes, acessíveis e frequentemente vêm incluídos com o veículo na hora da compra.

O macaco para motos. Trata-se de uma ferramenta portátil para auxiliar a suspender motocicletas no momento de fazer a manutenção e/ou verificação do veículo. Dessa forma, evita que seja necessário auxílio de um profissional ou de outros equipamentos.

Por ser portátil, pode ser levado, por exemplo, dentro da mochila do motociclista e ser usado assim que houver a necessidade do uso do produto, não importa o local. Com o produto o proprietário da moto, pode fazer a manutenção/limpeza de seu veículo assim que necessário e sem ajuda de um profissional da área, e o mecânico que escolher ter o produto em seu ambiente de trabalho, ganhará espaço em sua oficina e praticidade (Associação Nacional de Inventores, 2020).

2.1.3 Importância Das Motocicletas Para a Mobilidade Das Pessoas

As motocicletas exercem um papel essencial na mobilidade da sociedade, especialmente em países com centros urbanos grandes. Segundo Caldeira (2021), a quantidade de brasileiros habilitados na 'categoria A' cresceu em 17,5% nos últimos cinco anos, o que indica uma preferência maior por scooters e motos como meio de transporte.

Além de serem uma boa solução para o trânsito congestionado, as motocicletas também são uma alternativa menos custosa para muitos trabalhadores. De acordo com uma pesquisa dos fabricantes associados à Abraciclo, 91% das motos compradas em 2020 foram para o deslocamento do dia a dia, evidenciando que a maioria dos compradores busca esse meio de transporte pela sua economia e rapidez.

A pandemia de COVID-19 também destacou a importância das motocicletas para serviços essenciais, como entregas de medicamentos e alimentos. Conforme divulgado por Mobilidade Estadão (2021), a demanda por serviços de entrega aumentou significativamente, tornando as motocicletas indispensáveis para o cumprimento de prazos e a manutenção do mercado online.

Além disso, as motocicletas têm um impacto bom na economia, pois gera empregos e renda para milhares de famílias. Grandes empresas notaram que motos aceleram processos e minimizam custos, levando à criação de frotas próprias para diversas finalidades, desde a medição de consumo de energia na zona rural até a entrega de materiais de divulgação por (Mobilidade Estadão, 2021).

Por fim, a educação e a segurança no trânsito são elementos fundamentais para a condução das motocicletas. Os Centros Educacionais de Trânsito Honda (Ceths) oferecem treinamento técnico e comportamental para mais de 100 mil motociclistas, estimulando uma pilotagem segura e consciente. Essa proposta é primordial para certificar que o aumento no uso de motocicletas não desencadeia mais fatalidades e falhas de segurança.

2.1.4 Elevador Pantográfico

Segundo BOXTOP (2018), o elevador pantográfico que também é conhecido como elevador tesoura, é um tipo de elevador automotivo que é utilizado um mecanismo de tesoura (Figura 2) para levantar o veículo. Esse elevador tem estrutura compacta porque devido ao seu design, ocupa pouco espaço, pode ser utilizado em vários veículos, a elevação desse elevador é rápida e segura para o veículo.

Existem dois tipos de elevadores pantográficos:

- Elevador pantográfico hidráulico: utiliza um sistema hidráulico, quer são conhecidos pela sua durabilidade e capacidade de cargas
- Elevador pantográfico elétrico: utiliza motores elétricos, são mais silenciosos e eficientes em termos de energias.

Figura 2: Elevador tesoura



Fonte: Disponível em:

<https://www.molpartes.com.co/en/shop/04307041744-elevador-tlt635a-107132>. Acesso: 13 set. 2024.

2.1.5 Elevador de moto

De acordo com Goel (2024), os elevadores de motocicleta são aparelhos mecânicos que é desenvolvido para levantar as motos do chão com facilidade e rapidez, para fazer os reparos da parte inferior do veículo. Eles podem ser Hidráulico, Pneumático, Elétricos e Manuel.

- Hidráulico: (Figura 3) utiliza um sistema hidráulico para levantar a moto, é acionado por uma alavanca, permitindo um controle suave da elevação e descida.

Figura 3 : Elevador Hidráulico



Fonte: <https://www.proposto.com.br/357-elevador-hidraulico-em450-para-motocicletas-450-kg-bovenau-p750>
Acesso em: 13 set. 2024.

- Pneumático: (Figura 4) funciona com ar comprimido, oferecendo uma elevação rápida e eficiente, ele é ideal para oficinas que tem o ar comprimido instalado.

Figura 4: Elevador Pneumático



Fonte: Disponível em: <https://www.petrolider.com.br/movimentacao-de-cargas/elevadores-para-motos/elevador-para-motos-pneumatico-elevi-1799>. Acesso em: 13 set. 2024

- Elétrico: (Figura 5) utiliza um motor elétrico para levantar a motocicleta, não é tão comum mais oferece uma operação mais conveniente.

Figura 5: Elevador Elétrico



Fonte: Disponível em: <https://www.lojavalflex.com.br/mini-elevador-para-moto-capacidade-de-600kg---83251-83251/p>. Acesso em: 23 set. 2024.

2.1.6 Segurança dos Elevadores Automotivos

De acordo com BOXTOP (2018) segurança e o desempenho dos elevadores automotivos são fatores essenciais que garantem a eficiência e a proteção dos veículos e das pessoas que os utilizam. É importante considerar a estrutura e os materiais utilizados na construção dos elevadores, que devem ser de alta resistência para suportar o peso dos veículos e as pressões constantes. Além disso, é crucial que esses elevadores possuam sistemas de parada de emergência, como botões de fácil acesso, para garantir uma resposta rápida em situações críticas. Outro aspecto vital são os sensores de segurança, que detectam obstruções na plataforma e ajudam a evitar acidentes durante a operação. A manutenção periódica é crucial para assegurar o funcionamento eficiente e seguro dos elevadores automotivos. Realizar inspeções regulares e implementar uma manutenção apropriada garantem que todos os componentes estejam operando corretamente, minimizando o risco de problemas. Além disso, é vital que os operadores sejam bem treinados; eles precisam ser capazes de identificar sinais de falhas e manusear o elevador de maneira correta, o que é fundamental para a segurança do sistema como um todo.

2.1.6.1 Desempenho dos Elevadores Automotivos

Segundo Marques (2022), o desempenho dos elevadores automotivos é determinado por vários fatores importantes. A capacidade de carga é um aspecto fundamental, pois os elevadores devem ser projetados para suportar diferentes pesos e dimensões de veículos, garantindo uma margem de segurança adequada. Outro ponto a ser considerado é a

velocidade de elevação; a eficiência com que o elevador sobe e desce é crucial para evitar atrasos nos processos. A estabilidade também é essencial, pois os elevadores precisam assegurar que os veículos permaneçam firmes durante a operação, evitando balanços ou movimentos indesejados. Além disso, a eficiência energética é um fator relevante; sistemas que consomem menos energia, como motores elétricos de alta eficiência, ajudam a reduzir os custos operacionais. Por fim, a tecnologia de controle desempenha um papel importante, já que sistemas modernos de automação e monitoramento remoto podem otimizar o desempenho e permitir diagnósticos em tempo real.

Investir em segurança e desempenho não apenas protege os usuários, mas também prolonga a vida útil do equipamento e melhora a eficiência operacional.

2.1.7 Tipos de Macaco

2.1.7.1 Macaco Hidráulico Tipo Garrafa

O macaco hidráulico de garrafa (Figura 6) é formado por um cilindro com uma pequena fenda na sua superfície, por onde um êmbolo é inserido. Internamente no cilindro é contido um fluido hidráulico, essa substância é pressionada quando uma força é exercida sobre o êmbolo. Essa compressão cria pressão no fluido, que é enviada para o pistão no interior do cilindro. O pistão, por sua parte, exerce uma força sobre a carga a ser erguida.

Figura 6: Macaco Tipo Garrafa



Fonte: Disponível em: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/18211/11/481/macaco-garrafa-hidraulico-20-toneladas-bovenau-cj-20700>. Acesso: 3 maio 2024.

Atualmente, há um extenso conjunto de macacos disponíveis nos mercados com capacidade que variada, segundo worker.com.br no manual de instrução de macaco hidráulico tipo garrafa lançado no ano de 2017, de 2 a 50 toneladas.

Normalmente são utilizados em oficinas mecânica, borracharias e também em setores de grande porte (Ribeiro, 2011).

2.1.7.2 Macaco Hidráulico Tipo Jacaré

Um macaco que possui também um acionamento hidráulico (Figuras 7 e 8), porém ele tem diferentes posições para se trabalhar, podendo ser lateralmente ao suporte ou à estrutura do equipamento, sendo um corpo curto ou logo. Usados para substituição de pneus em veículos e para manutenção de veículos em oficinas mecânicas (Ribeiro, 2011).

Figura 7: Macaco Hidráulico Tipo Jacaré Corpo Curto



Fonte: Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1277565384-macaco-hidraulico-tipo-jacare-curto-capacidade-3-toneladas-_JM. Acesso: 10 maio. 2024.

Figura 8: Macaco Hidráulico Tipo Jacaré Corpo Longo



Fonte: Disponível em: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/14054/11/481/macaco-jacare-5-toneladas-longo-com-roda-de-ferro-marcon-mjh5t-ferro>. Acesso em: 3 maio 2024.

2.1.7.3 Macaco Hidráulico Tipo Unha

O macaco tipo unha (Figura 9) é utilizado para elevar objetos próximos ao solo, utilizando a sua superfície de suporte para elevação que está localizada na parte inferior da sua estrutura,

possibilitando sua inserção em espaços limitados e facilite a conclusão do trabalho. Um exemplo é a elevação da carga por uma empilhadeira (Ribeiro, 2011).

Figura 9: Macaco Hidráulico Tipo Unha



Fonte: Disponível em: https://www.anangueraferramentas.com.br/produto/macaco-hidraulico-unha-2-toneladas-mu2000-bovenau-79790?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwydSzBhBOEiwAj0XN4li4CxClg62wlgIZYGrzwsdvTd_IAZwagC_mALgD1V1H UTI2aRP9aBoCx7EQAvD_BwE. Acesso: 10 jun. 2024.

2.1.7.4 Macaco Tipo Girafa

Esse tipo de macaco recebe esse nome porque se assemelha ao pescoço de uma girafa (Figura 10). É um equipamento amplamente utilizado em oficinas para o deslocamento de componentes volumosos e pesados, como, o motor de um carro (Ribeiro, 2011).

Figure 10: Macaco Tipo Girafa



Fonte: https://www.lojadomecanico.com.br/produto/105246/11/481/Guincho-Hidraulico-500Kg-com-Roda-deFerro/153/?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc&utm_campaign=%5BPMAX%5D%5BROAS%5D+-+TOP+VENDAS&gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMlu4HqyorjiAMVaiitBh08lg1EEAQYAyABEgKZS_D_BwE
Acesso em: 3 maio 2024.

2.1.7.5 Macaco Hidráulico Tipo Expansor

Um macaco amplamente empregado em oficinas mecânicas especializadas em veículos pesados. Sua principal característica é a versatilidade de uso (Figura 11), podendo ser utilizados lateralmente ou em qualquer direção, mantendo seu funcionamento perfeito. É utilizado para separar peças de um conjunto, remover pinos presos em buchas e possui inúmeras outras aplicações (Ribeiro, 2011).

Figura 11: Macaco Hidráulico Tipo Expansor



Fonte: Disponível em: <https://casadosoldador.com.br/p/esticador-hidraulico-6-toneladas-marcon-920>. Acesso em: 7 jun. 2024.

2.1.7.6 Macaco Hidráulico Para Remoção de Câmbio

Este macaco (Figura 12) em específico foi projetado para desmontagem de transmissão de veículos. Ele possui algumas semelhanças com o macaco tipo jacaré, porque conta com um suporte de sustentação mais amplo, ideal para instalar a caixa de câmbio do veículo (Ribeiro, 2011).

Figura 12: Macaco Hidráulica Para Remoção de Câmbio



Fonte: Disponível em: <https://www.atacadaodasferramentas.com.br/30422/macaco-hidraulico-para-caixa-de-cambio-1ton-mc1000-bovenau>. Acesso em: 7 jun. 2024.

2.1.7.7 Macaco Mecânico Tipo Joelho

Este tipo de macaco é formado por uma manivela e uma alavanca básica (Figura 13). Usando uma canaleta de suporte, a ferramenta ergue o veículo (na direção oposta) com uma praticidade (Ribeiro, 2011).

Figura 13: Macaco Mecânico Tipo Joelho



Fonte: Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-690589984-macaco-joelho-universal-500-kg-para-todos-veiculos-passeio-JM?matt_tool=30024720&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14302215585&matt_ad_group_id=157102248363&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=686778910011&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=109544553&matt_product_id=MLB690589984&matt_product_partition_id=1985503511994&matt_target_id=pla-1985503511994&cq_src=google_ads&cq_cmp=14302215585&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gclid=EA1aIQobChMIqfen-lvjiAMVvV9IAB15nRzdEAQYASABEgLAG_D_BwE. Acesso em: 10 maio 2024.

2.1.7.8 Macaco Sanfona

Esse tipo de macaco mecânico engue o veículo lateralmente aplicando uma força para cima. Ele é composto de um conjunto de hastes e uma superfície mais nivelada (Figura 14) para o suporte da ferramenta (Ribeiro,2011).

Figura 14: Macaco Sanfona



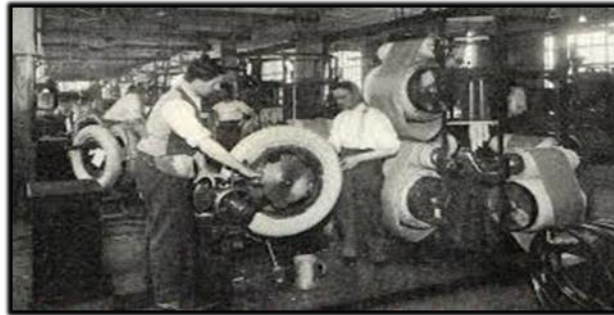
Fonte: Disponível em: <https://filtranandorinha.com.br/produtos/macacos-33-59>. Acesso em: 24 maio 2024.

2.1.8 Troca de pneu nos anos 1930

Na década de 1930, a troca de pneus era feita de forma mais manual e exigida mais esforço físico do que os dias de hoje. Geralmente, era necessário utilizar ferramentas manual, como macaco, chave de roda e alavanca para levantar o carro, retirar o pneu danificado e colocar o

pneu sobressalente. As rodas dos veículos eram frequentemente feitas de aço pesado (Figura 15), o que tornava o processo mais trabalhoso. Além disso, os pneus eram mais finos e menos duráveis do que os atuais, o que significava que as trocas eram mais frequentes (Pinheiro, 2020).

Figura 15: Montagem manual das lonas gomadas e demais componentes do pneu antes do envio para vulcanização



Fonte: Quattroruote.Enciclopédia do Automóvel

2.1.9 Troca de pneu atualmente

Atualmente, a troca de pneu é muito mais facilitada graças ao avanço na tecnologia e nos equipamentos automotivos (Figura 16). A maioria dos veículos modernos vem com um kit de ferramentas e um macaco hidráulico para facilitar a troca. Além disso, os pneus e rodas são mais leves, o que torna o processo mais simples. Muitos carros também vêm com pneus sobressalentes temporários, que são mais fáceis de instalar. Em caso de emergências, muitas pessoas contam com serviços de assistência 24 horas oferecidos por seguradoras ou fabricantes de pneus, o que torna a troca mais conveniente (Tecfil, 2019).

Figura 16: Troca de pneu



Fonte: Tecfil, 2019.

2.2 Metodologia

Segundo Alves (2024), a metodologia refere-se ao estudo dos melhores métodos utilizados em uma área específica para a produção de conhecimento, sendo o termo originado do latim "methodus", que significa o caminho ou processo para se atingir um objetivo ou alcançar o conhecimento. Seu objetivo de acordo com Braz (2022), é oferecer um método organizado e imparcial para a pesquisa, permitindo que a coleta e análise de dados de maneira rigorosa, a fim de alcançar resultados que possam ser verificados e confirmados. Esta pesquisa se caracteriza como bibliográfica e explicativa. Conforme Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica tem como objetivo reunir e realizar uma análise crítica dos documentos publicados relacionados ao tema de estudo, visando atualizar e expandir o conhecimento, além de auxiliar no desenvolvimento da pesquisa. E a pesquisa explicativa, segundo Tumelero (2019), busca compreender as causas dos fenômenos, indo além da descrição, ao explorar porque os eventos ocorrem como ocorrem, empregando métodos experimentais e qualitativos.

Quanto a abordagem esta pesquisa se caracteriza como qualitativa. De acordo com Knies (2022) a pesquisa qualitativa é um processo de investigação científica que tem como característica a análise de poucos casos de maneira bastante aprofundada. As técnicas qualitativas são bastante utilizadas nas áreas de Ciências Sociais, como Sociologia e Antropologia. A pesquisa possibilita a análise do comportamento dos consumidores em relação a um produto específico, por exemplo. Mathias (2022) explana que o objetivo da pesquisa qualitativa é entender de forma mais profunda o tema pesquisado e o que as pessoas pensam a esse respeito. Quanto a natureza este estudo se caracteriza como pesquisa exploratória.

Conforme Zikmund (2000) os estudos exploratórios geralmente são eficazes para analisar situações, descobrir soluções de possibilidades ou descobrir novas ideias. Este trabalho é feito nos estágios iniciais de um processo de pesquisa mais complexo, objetivando esclarecer e definir a natureza de um problema e gerar mais informações que possam ser coletadas para a conclusão do estudo.

2.3 Desenvolvimento do projeto

2.3.1. Dimensionamento

O dimensionamento dinâmico do equipamento começa com cálculos manuais, baseados na teoria da resistência dos materiais, com o objetivo de realizar o projeto.

Os componentes da estrutura do elevador serão inicialmente dimensionados com base nas teorias da resistência dos materiais e no diagrama de corpo livre. Em seguida, foi realizada uma análise de tabelas de materiais disponíveis comercialmente (Tabela 1). Foram consideradas tanto chapas perfil U dobradas quanto barras chatas, utilizando o aço SAE 1020 para o dimensionamento, devido às suas propriedades adequadas ao projeto. Esse material é comumente empregado em engrenagens, eixos, virabrequins, pinos guia, colunas, chapas e tubos, entre outros.

Tabela 1: Propriedades dos aços

Tipo de aço	Teor de Carbono (%)	Limite de elasticidade $f_{el} (GPa)$	Limite de escoamento $f_y (MPa)$	Limite de resistência à tração $f_u (MPa)$	Alongamento (%)
ASTM-A-36	0,25 a 0,30	200	250	400 a 500	20
Comercial	–	± 190	± 240	370 a 520	20
ASTM-A570	0,25	185	230	360	23
SAE 1008	0,08	135	170	305	30
SAE 1010	0,10	145	180	325	28
SAE 1020	0,20	170	210	380	25

Fonte: Disponível em: <https://images.app.goo.gl/DP7d6UtzxiS3M4af9>. Acesso em: 25 ago. 2024.

Adotou-se a tensão de escoamento do aço SAE 1020 de 210 MPa. O dimensionamento do mecanismo pantográfico foi feito considerando que ele se movimentará verticalmente e estará sujeito a forças na mesma direção, suportando uma carga de trezentos quilogramas (300 kg). Foi estabelecido um fator de segurança de 1,5, uma vez que se trata de um mecanismo de deslocamento puramente vertical, que realiza apenas a elevação e descida de cargas, com movimentos normais e sem choques.

2.3.2. Cálculos e Dimensionamento

Inicialmente, para o desenvolvimento do projeto, realizou-se o levantamento dos materiais necessários para a confecção do elevador portátil. Após, iniciou-se o cálculo, considerando a motocicleta posicionada sobre o protótipo, gerando uma carga que provoca uma flexão nas barras chatas.

- Barra chata

$$Wf = \frac{L \times F}{\left(\frac{G}{k}\right)} \quad Wf = \frac{550 \times 500}{\frac{250}{2}} \quad Wf = 2200mm^2$$

$$Wf = \frac{\# \times b^2}{6} \quad Wf = \frac{7 \times 55^2}{6} = 3529 \text{mm}^2 \gg 2200$$

$$\# = 7 \text{ mm}$$

$$B = 55 \text{ mm}$$

- Eixos Superiores e Inferiores

Foram dimensionados os eixos considerando o momento fletor no centro do eixo. O equacionamento abaixo foi realizado para determinar a carga aplicada.

$$Ra = Rb = \frac{F}{2} = 650 \text{Kgf}$$

Encontrando a metade do eixo:

$$L = 150$$

$$\frac{L}{2} = 75 \text{ mm}$$

Onde foi utilizada seguinte fórmula para encontrar a flexão pura.

$$Mf = 650 \cdot 75 = 48750 \text{ Kgf} \cdot \text{mm}$$

O equacionamento do modulo de resistência foi idealizado;

$$Wf = \frac{Mf}{\sigma adm} = \frac{48750}{14} = 3482,14 \text{ mm}^3$$

Dessa forma, o eixo foi projetado com uma seção quadrada.

$$Wf = \frac{a^3}{6} \quad a = \sqrt[3]{3482,14 \cdot 6} = 27,50 \text{ mm}$$

Com base nesse equacionamento, decidiu-se utilizar um tarugo de aço SAE 1020 e realizar uma análise para determinar o melhor dimensionamento, que resultou na escolha de um formato cilíndrico, com um diâmetro mínimo de 25,4 mm para cada eixo.

- Eixo central – Pino da Articulação

$$d = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} \quad F = 300Kg \quad d = \sqrt{\frac{300 \cdot 4}{\pi \cdot 14}} = 5,22 \text{ mm}$$

Com base nesse equacionamento, concluiu-se que o apropriado seria a utilização do tarugo de aço SAE 1020, estabelecendo um diâmetro de 16 mm para as extremidades e de 25,4 mm para o centro.

- Barra Roscada – Fuso

$$F = \frac{300}{\text{tg}8,5^\circ} = 2007,35 \text{ kg}$$

$$a = \frac{F}{\sigma_{adm}} = 143,38 \text{ mm}^3$$

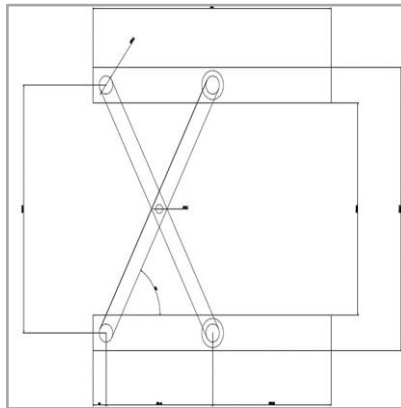
Considerando a barra roscada de 5/8'' (15,878 mm) de 11 fios por polegadas (passo de 2,309 mm) tem-se:

$$A_s = \pi \left(\frac{(15,876 \cdot 2) - (1,87638 \cdot p)}{4} \right)^2 = 147,62 \text{ mm}^2$$

Como a área da seção transversal do parafuso (A_s) é maior do que a área necessária para suportar o esforço de tração (A), é possível garantir que a barra roscada será capaz de suportar essa carga.

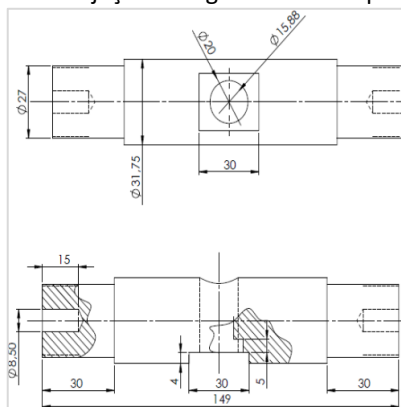
2.3.3. Desenhos

Inicialmente, utilizou-se o software AutoCAD 2025 para criar o primeiro desenho (esboço), como demonstra a figura 17 em projeção ortogonal, com o objetivo de definir as dimensões desejadas.

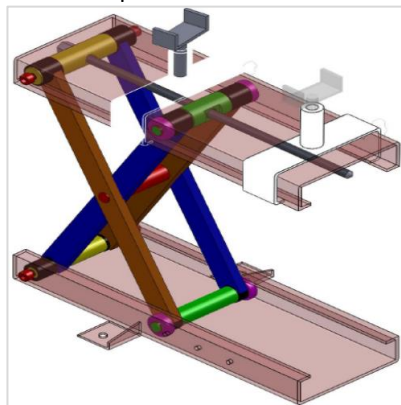
Figura 17: Esboço

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Deu-se o início ao desenvolvimento dos desenhos do projeto no software de modelagem 3D Autodesk Inventor Professional 2025 onde foi produzido a modelagem das peças e componentes, e, por fim, a simulação do seu funcionamento ilustradas nas figuras 18, 19 e 20 a seguir.

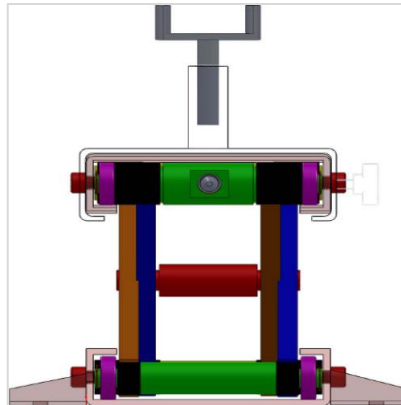
Figura 18: Projeção Ortogonal – Eixo superior fixo

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Figura 19: Perspectiva isométrica do elevador.

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Figura 20: Perfil do elevador pantográfico



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.4 Orçamentos

Foram realizados orçamentos de preços e estimativas para reduzir os custos do projeto, e com base nisso, a tabela 2 abaixo, foi elaborada para acompanhar os gastos totais.

Tabela 2. Planilha de orçamento de custos.

PLANINHA DE CUSTOS: ORÇAMENTO DO PROJETO ELEVADOR PORTÁTIL PANTOGÁFICO			
		MATERIAL E COMPONENTES	
NOME COMPLETO DO CURSO:		TCC - TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO- TÉCNICO	
MATERIAL E COMPONENTES			
ITEM	QUANT.	UND.	DESCRIÇÃO
1	2	Kg	Perfil U dobrado 3/16"- 160 x 45 x 1000 mm
2	2	M	Barra chata 3/4" x 3/16"
4	1	Kg	Tarugo Ø 31,75 x 400 mm
5	1	Kg	Tarugo Ø 25,4 x 600 mm
6	1	Pç	Barra roscada Ø 5/8" x 1000 mm
7	4	Pç	Rolamento de esfera radical 6302 ZZ 2RS GRB
8	1	Pç	Rolamento de esfera axial 51103 GRB
9	4	Pç	Anel elástico Ø 10 mm
10	2	Pç	Parafuso Borboleta 6 mm
11	150	mm	Tubo aço carbono Ø 33 mm
12	300	mm	Tubo aço carbono Ø 27 mm
13	1	Pç	Chapa lisa 290 x 100 x 3,70 mm
14	1	Pç	Chapa xadrez (piso) 87 x 62 mm x 3/16"
15	4	Pç	Parafuso M10 - allen 8
16	4	Pç	Arruela 10 mm
17	2	Pç	Parafuso 1/4"
18	4	Pç	Porca 5/8"
DESPESAS			
19		-	Outros gastos
INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO			
			Materiais e compo
			Materiais e comonentes doados
			Despesas com gastos de combustível e alimentação
DESCRIÇÃO	descrição detalhada do item		
PRÇO UNITARIO	valor unitario em moeda nacional		
CUSTO DE ITEM	custo total de cada item solicitado, em moeda nacional (a totalização é automatic		

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5 Desenvolvimento Passo a Passo

A construção da plataforma elevatória, inicialmente, foi organizada em três módulos, e, posteriormente, unidas para formar a plataforma final. Esses módulos incluem o perfil "U"

inferior, o perfil "U" superior, eixos fixos e móveis, pinos, pares de barras chatas e suportes para o encaixe das sapatas.

Além disso, foram priorizados métodos de fabricação que são relativamente econômicos, de fácil acesso e execução, como a usinagem em torno convencional, fresagem e soldagem por eletrodo revestido (SMAW). Esses processos são amplamente empregados na fabricação e manutenção industrial, apresentando um custo inferior em comparação a outras técnicas de fabricação modernas.

Para as plataformas, utilizou-se o perfil do tipo "U". No entanto, foi concedido a doação das plataformas inferior e superior, sendo necessário ajustar o projeto de acordo com as dimensões das peças recebidas.

2.5.1 Processo de Lixamento

Com isso a primeira etapa foi remover os resíduos do perfil "u" já existentes. Na figura 21 é demonstrado o processo, retirando a lixa com o auxílio de uma espátula e a tinta com ajuda da lixadeira (Figura 22).

Figura 21: Retirada da lixa



Figura 22: Retirada da tinta e sobra do material



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5.2 Processo de corte

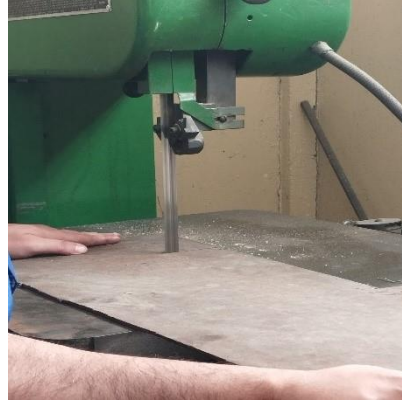
Na sequência, ocorreu a medição da chapa xadrez, onde era necessário atender as dimensões de 87 mm x 62 mm x 3/16", utilizando uma régua e um riscador. Após as medições, procedeu-se com o corte da chapa xadrez e a chapa de aço com o auxílio da serra de fita vertical conforme demonstram as figuras 23 e 24. Com ajuda de uma lixadeira, o tarugo foi cortado no tamanho adequado para fazer o eixo fixo.

Com um altímetro, marcou-se os tarugos de aço 1045 para realizar o corte com a serra de fita horizontal, indicados na figura 25 e 26.

Figura 23: Serrando



Figura 24: Cortamos o tarugo a chapa xadrez



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Figura 25: Corte do tarugo A



Figura 26: Corte do tarugo B



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Utilizando uma fita métrica, foi possível realizar a medição dos tubos de aço que serviram como suporte para a garra que irá prender a motocicleta. Com o auxílio da serra de fita horizontal, os tubos foram cortados na medida desejada (Figuras 27 e 28). Em seguida, utilizou-se a erra fita manual para remover o excesso de material e, com a lima, os ajustes finais foram realizados.

Figura 27: Processo de serra do tubo**Figura 28:** Ajustagem do tubo de aço

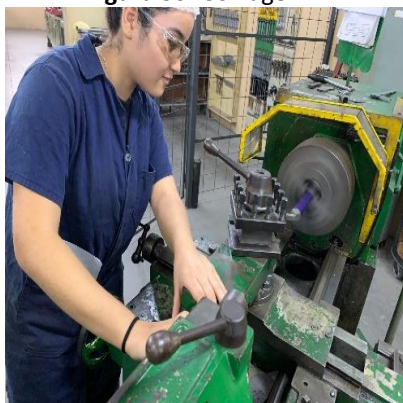
Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5.3 Processo de Usinagem

Para aprimorar o processo, foram elaborados planos de trabalho para as peças a serem usinadas ou fabricadas (Figura 29), seguindo os parâmetros estabelecidos para cada etapa da usinagem e ajuste. Utilizou-se o torno convencional para usinar os eixos do projeto, incluindo os eixos fixos, móveis e o eixo central (Figuras 30 e 31).

Figura 29: Medição dos tarugos

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Figura 30: Usinagem**Figura 31:** Primeiro rebaixo

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Ainda no torno, furou-se o tarugo fixo superior para fazer a rosca, como demonstra a figura 32.

Figura 32: Fura do eixo fixo



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

No decorrer, houve a necessidade de uma adequação/ajuste, onde, na ocasião, foi feito um furo no tarugo com o uso de brocas e bits, transformando-o em um "tubo", representado na figura 33.

Figura 33: Transformação do tarugo em um tubo



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5.4 Processo de Fresagem

Em seguida, os rebaixos nos eixos superiores foram concluídos, tanto no fixo quanto no móvel, para que, durante a montagem, fosse possível encaixar o rolete junto com a barra roscada.

Figura 34: Rebaixo no tarugo superior



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5.5 Processo de soldagem

Com o auxílio da furadeira, realizou-se os furos nas barras chatas. Usou-se solda com eletrodo para unir as barras chatas ao tubo de aço, formando as cruzetas, conforme ilustrado na figuras 35 e 36. Além disso, nesse mesmo processo, houve a união do perfil U ao tubo de aço para criar a garra.

Figura 35: Processo dos furos na barra chata



Figura 36: Processo de solda



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5.6 Montagem

Os eixos superiores e móveis começaram a ganhar forma, e assim iniciou-se as análises de montagem (Figuras 37 e 38).

Figura 37: Eixos fixos e móveis



Figura 38: Análise da pré-montagem



Fonte: Dos próprios autores, 2024.

Iniciou-se a pré-montagem para análise da elevação e o rebaixamento do elevador pantográfico (Figura 39).

Figura 39: Elevação

Fonte: Dos próprios autores, 2024.

2.5 Resultados alcançados e discussão

Neste capítulo, abordou-se os dados coletados e os resultados obtidos na pesquisa sobre elevadores pantográficos, um equipamento de grande relevância na área de movimentação vertical de cargas. A análise será fundamentada nas teorias previamente apresentadas na fundamentação teórica, permitindo uma discussão aprofundada sobre a importância e as contribuições deste trabalho.

Os elevadores pantográficos se destacam pela sua capacidade de elevar cargas pesadas em espaços reduzidos, sendo amplamente utilizados em residências e oficinas. Durante a pesquisa, foram coletados dados que demonstram não apenas a eficiência operacional desses equipamentos, mas também sua segurança e versatilidade em diferentes ambientes de trabalho.

Ao confrontar esses resultados com os alicerces teóricos apresentados anteriormente, é possível observar que as teorias de movimentação vertical e de ergonomia se confirmam na prática. Por exemplo, conforme discutido por diversos autores na fundamentação teórica, a utilização de elevadores pantográficos pode reduzir significativamente o esforço físico dos trabalhadores e minimizar o risco de acidentes.

É importante ressaltar que a pesquisa não necessariamente atingiu todos os objetivos programados inicialmente. No entanto, essa realidade pode ser tão meritória quanto a obtenção dos resultados esperados. A consistência do texto e dos dados apresentados permite abrir novas possibilidades de pesquisa. Os resultados que não se alinham com as expectativas iniciais podem instigar novas investigações e reflexões críticas sobre o tema.

Assim, ao retomar as palavras dos teóricos mencionados anteriormente, podemos propor uma nova abordagem para futuras pesquisas sobre elevadores pantográficos, explorando suas aplicações em contextos ainda não investigados ou analisando suas limitações em situações específicas. Essa criticidade é essencial para a ampliação do conhecimento na área, contribuindo para o desenvolvimento contínuo das tecnologias de movimentação vertical.

3 Considerações finais

Este trabalho apresentou um estudo detalhado sobre o elevador pantográfico, abordando suas características, funcionamento e ampla aplicabilidade, especialmente em ambientes industriais. Os resultados comprovaram a eficiência do mecanismo, destacando sua capacidade de otimizar o transporte vertical de cargas de forma prática, segura e economicamente viável. A hipótese inicial, que apontava o elevador pantográfico como uma solução eficaz para elevação controlada, foi confirmada ao longo da pesquisa.

A simplicidade estrutural combinada com a robustez do sistema pantográfico reafirma sua utilidade, desde aplicações industriais até possíveis adaptações para o uso residencial ou logístico. A análise também destacou a importância de cálculos precisos e materiais de qualidade na construção do sistema, garantindo maior durabilidade e segurança.

Como perspectivas futuras, recomenda-se investigar a integração de tecnologias mais avançadas, como sistemas hidráulicos de última geração, sensores inteligentes e automação, o que pode ampliar ainda mais suas aplicações e eficiência. Estudos também podem explorar sua viabilidade em contextos específicos, como o setor de construção civil ou plataformas de acessibilidade.

Conclui-se que o elevador pantográfico é uma solução técnica relevante e versátil, alinhada às demandas do mercado e à busca por eficiência nos sistemas de elevação. Ele reforça a importância da inovação e da engenharia no desenvolvimento de equipamentos que atendam às necessidades modernas de forma prática e sustentável.

Referências

Andorinha. Disponível em: <https://filtranandorinha.com.br/produtos/macacos-33-59>. Acesso em 24 maio 2024.

Anhanguera Ferramentas, 2024. Disponível em: https://www.anhangueferramentas.com.br/produto/macaco-hidraulico-unha-2-toneladas-mu2000-bovenau-79790?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwydSzBhBOEiwAj0XN4Ii4CxClg62wIglZYGrzwsdvTd_IAZwagC_mALgD1V1HUTI2aRP9aBoCx7EQAvD_BwE. Acesso em 24 maio 2024.

Associação Nacional de Inventores, 2020. Disponível em: <https://inventores.com.br/facilidade-na-hora-de-manutencao-e-limpeza-da-motocicleta-macaco-para-motos/>. Acesso em 24 maio 2024.

Atacadão das Ferramentas. Disponível em: <https://www.atacadaodasferramentas.com.br/30422/macaco-hidraulico-para-caixa-de-cambio-1ton-mc1000-bovenau> . Acesso em 7 jun. 2024.

Casa do Soldador, 2024. Disponível em: <https://casadosoldador.com.br/p/esticador-hidraulico-6-toneladas-marcon-920>. Acesso em 7 jun. 2024.

Loja do Mecânico, 2024. Disponível em: https://www.lojadomecanico.com.br/macaco.html?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc&utm_campaign=%5BPMAX%5D%5BROAS%5D+-+EQUIPAMENTOS+AUTO+CENTER&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwydSzBhBOEiwAj0XN4JkwVaTI4IAssKM-JpKwRjdyOWUFPScGnNqjhc6j5r5EEZDINDKDDhoCS18QAvD_BwE. Acesso em 3 maio 2024.

Mercado Livre, 2024. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1277565384-macaco-hidraulico-tipo-jacare-curto-capacidade-3-toneladas-_JM. <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-690589984-macaco-joelho-universal-500-kg-para-todos-veiculos-passeio>. Acesso em 10 maio 2024.

Andorinha. Disponível: <https://filtranandorinha.com.br/produtos/macacos-33-59>. Acesso em 24 maio 2024.

Pista Matt. Disponível em: <https://www.junkyardmob.com/misc/antique-car-jack-identification>. Acesso em 17 maio 2024.

MolPartes, 2024. Disponível: <https://www.molpartes.com.co/en/shop/04307041744-elevador-tlt635a-107132>. Acesso em 13 set. 2024

Proposto, 2024. Disponível em: <https://www.proposto.com.br/357-elevador-hidraulico-em450-para-motocicletas-450-kg-bovenau-p75>. Acesso em 13 set. 2024

Petrolider, 2024. Disponível em: <https://www.petrolider.com.br/movimentacao-de-cargas/elevadores-para-motos/elevador-para-motos-pneumatico-elevi-1799>. Acesso em 13 set. 2024

Caml. Valflex ferramentas e equipamentos, 2024. Disponível em: <https://www.lojavalflex.com.br/mini-elevador-para-moto-capacidade-de-600kg---83251-83251/p>. Acesso em 13 set. 2024.

Reparação Automotiva, 2022. Disponível em: <https://www.junkyardmob.com/misc/antique-car-jack-identification>. Acesso em 24 maio 2024.

Propriedades dos aços, Disponível: <https://images.app.goo.gl/DP7d6UtzxiS3M4af9>. Acesso em 06 ago. 2024.

Ribeiro, 2011. Aspectos Éticos. Ribeiro, Gustavo Batista. Alteração de projeto e fabricação de um dispositivo de elevação automóveis. Dissertação (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Acesso em 26 abr. 2024.

Ribeiro, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/31448>. Acesso em 26 abr. 2024.

Silva, 2017. Disponível em EQUIPAMENTOS DE ELEVAÇÃO NA ÁREA AUTOMOTIVA, acesso em acesso em 17 mai. 2024.

Marques, 2022. Disponível em: <https://blog.engecass.com.br/elevador-automotivo-e-um-bom-investimento/>. Acesso em 15 set. 2024

BOXTOP, 2018. Disponível em: <https://www.boxtop.com.br/blog/elevador-automotivo-5-dicas-seguranca/>. Acesso em 13 set. 2024

Silva, 2021. Disponível em MACACO ELÉTRICO. Acesso em 17 maio 2024.

Boxtop, 2023. Disponível em: <https://www.boxtop.com.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-elevador-automotivo/#:~:text=O%20elevador%20automotivo%20serve%20para,o%20seu%20dia%20a%20dia>. Acesso em 24 maio 2024.

Caldeira, 2021. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/meios-de-transporte/papel-das-motos-na-mobilidade-urbana-do-brasil/>. Acesso em 25 set. 2024.

Estadão, 2021. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/motos-importantes-para-sociedade-e-economia-do-brasil/> . Acesso em 25 set. 2024.