

DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRÍFUGA PARA REMOÇÃO DE ÓLEO REMANESCENTE DE EMBALAGENS DE LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS

*DEVELOPMENT OF A CENTRIFUGE FOR
REMOVING OIL REMAINING FROM
AUTOMOTIVE LUBRICANT CONTAINERS*

AUTOR:

Leandro Marcos Salgado Alves

Formação em Física pela Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG/UNESP), com Mestrado e Doutorado em Ciências pela Faculdade de Engenharia de Lorena (EEL/USP). Instituto Federal Catarinense (IFC); Araquari, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: leandro.alves@ifc.edu.br. ORCID 0000-0001-5726-8866

Marcos Eduardo Treter

Formação em Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Instituto Federal Catarinense (IFC); São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: marcos.treter@ifc.edu.br. ORCID 0000-0002-9563-0683

Roni Richard Fuckner

Formação em Tecnologia em Automação Industrial pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), com Especialização em Engenharia de Manutenção pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Especialista em Docência em Ensino Superior pelo Centro Universitário Leonardo Da Vinci (UNIASSELVI) e Mestrando em Tecnologia e Ambiente pelo Instituto Federal Catarinense (IFC) *campus* Araquari. Instituto Federal Catarinense (IFC); São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: roni.fuckner@ifc.edu.br. ORCID 0000-0002-2671-0137

Horst Walter Smoger

Formação Técnica em Eletromecânica pelo SENAI de São Bento do Sul, Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) e discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal Catarinense (IFC) *campus* São Bento do Sul. Instituto Federal Catarinense (IFC); São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: horst.smoger@hotmail.com. ORCID 0009-0005-5725-0283

Leonardo Rodrigues Ramos Fermino

Formação em Tecnologia em Mecatrônica Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e discente do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal Catarinense (IFC) *campus* São Bento do Sul. Instituto Federal Catarinense (IFC); São Bento do Sul, Santa

Catarina, Brasil.

E-mail: leonardolrf21@gmail.com. ORCID 0009-0009-1130-0424

RESUMO

Com a crescente conscientização ambiental e a necessidade de reduzir o impacto negativo dos resíduos na natureza, a extração e a comercialização do óleo automotivo remanescente de embalagens já utilizadas têm se destacado como uma abordagem sustentável. Este artigo apresenta o projeto e o desenvolvimento e testagem de uma centrífuga para remover eficientemente o óleo remanescente de embalagens de lubrificantes automotivos que já foram utilizadas. O projeto é realizado por meio de um acordo de cooperação técnico-científico com a oficina mecânica Auto Speed Centro Automotivo, localizada na cidade de São Bento do Sul/SC. O objetivo principal deste projeto é reduzir, de forma significativa, o tempo necessário para a extração do óleo remanescente, substituindo os processos atuais, que dependem da ação da gravidade e levam dias para serem concluídos, além de não serem capazes de eliminar completamente o óleo das embalagens, permitindo o seu descarte correto. A centrífuga proposta é projetada para operar com embalagens padrão de 1 litro e permite, em poucos minutos de processamento, alcançar o índice de extração de até 99,52% do óleo contido nas embalagens.

Palavras-chave: *Extração de óleo. Automação de processos. Sustentabilidade. Conscientização ambiental.*

ABSTRACT

With the growing environmental awareness and the need to reduce the negative impact of waste on nature, the extraction and commercialization of residual automotive oil from used containers have emerged as a sustainable approach. This article presents the design and development of a centrifuge

to efficiently remove the residual oil from used automotive lubricant containers. The project is carried out through a technical cooperation with the Auto Speed Centro Automotivo mechanical workshop, located in the city of São Bento do Sul, SC. The main objective of this project is to significantly reduce the time required for the extraction of residual oil, replacing current processes that rely on gravity, take days to complete and are unable to completely eliminate the oil from the containers, allowing its correct disposal. The proposed centrifuge is designed to operate with standard 1 liter containers and allows, in a few minutes of processing, to achieve an extraction rate of up to 99.52% of the oil contained in the containers.

Keywords: *Oil extraction. Process automation. Sustainability. Environmental awareness.*

1 INTRODUÇÃO

Os óleos lubrificantes desempenham um papel crucial na minimização do atrito e, conseqüentemente, na prevenção do desgaste prematuro das peças de veículos automotores. Inclusive, muitas vezes, acredita-se erroneamente que o mau funcionamento de um veículo está relacionado ao combustível utilizado, quando, na realidade, a causa pode estar associada aos lubrificantes [1].

Tamanho é a relevância dos óleos lubrificantes que, somente em 2018, o Brasil comercializou mais de 1,2 bilhão de litros desse produto. No ano seguinte, em 2019, esse número registrou um significativo aumento, ultrapassando a marca de 1,6 bilhão de litros vendidos [2].

Apesar da importância dos óleos lubrificantes, é necessário destacar que seu uso também acarreta uma série de impactos ambientais resultantes das práticas de trocas, comuns em oficinas e postos de gasolina. Esses impactos derivam do descarte inadequado do óleo lubrificante e de suas embalagens. Quando esses resíduos são lançados no solo, ocorre a infiltração, resultando em contaminação do solo e, em casos mais graves, poluindo os lençóis freáticos. Por outro lado, a queima indiscriminada desses óleos também causa sérias conseqüências, como a liberação de óxidos metálicos e outros gases tóxicos no ambiente [3].

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes para o correto procedimento de troca de óleo lubrificante, visando a preservação ambiental e a máxima recuperação de seus componentes. Após a troca, o óleo usado é devidamente recolhido e destinado de forma responsável, de modo a evitar qualquer impacto negativo ao meio ambiente.

No entanto, para completar o processo de troca de óleo, um novo lubrificante é adicionado ao veículo, conforme indicado no manual do fabricante. Esse processo resulta em recipientes plásticos vazios, mas que ainda possuem uma pequena quantidade de óleo remanescente. Para extrair esse óleo residual, os recipientes vazios são dispostos de forma invertida, conforme mostra a Figura 1, assim, por meio da ação da gravidade, o óleo restante é extraído e pode ser destinado de forma correta.

Figura 1 - Processo atual de extração do óleo lubrificante remanescente.



Fonte: Autores (2023).

Uma pesquisa, realizada para investigar a influência da temperatura e do posicionamento do recipiente no processo de drenagem dos óleos lubrificantes remanescentes, revelou que o controle da temperatura e o ajuste da inclinação exercem um efeito significativo na eficiência da drenagem do óleo [4]. A temperatura ideal encontrada foi de 52 °C, enquanto o melhor ângulo de inclinação foi de 60°.

Com base nos diversos impactos ambientais provocados pelos

óleos lubrificantes, uma questão de pesquisa foi formulada da seguinte maneira: “É viável criar um dispositivo de baixo custo, acessível a oficinas e postos de gasolina, que possa mitigar os impactos ambientais?”.

Nesse sentido, este trabalho tem o objetivo de desenvolver um dispositivo de baixo custo, destinado a maximizar a drenagem do óleo lubrificante remanescente em embalagens já utilizadas. O equipamento proposto faz uso da aceleração centrífuga para maximizar o processo que, até então, dependia da ação da gravidade. Destaca-se que este trabalho é o resultado de uma cooperação técnica entre a oficina mecânica Auto Speed, localizada em São Bento do Sul (SC), e o Instituto Federal Catarinense (IFC), *campus* de São Bento do Sul, atendendo a uma demanda da Extensão, que trata dos projetos do arranjo produtivo local (APL).

O presente artigo está estruturado em quatro capítulos. O primeiro apresenta a contextualização do problema de pesquisa. No segundo são discutidos os materiais empregados e a metodologia utilizada na construção da centrífuga. Já no terceiro são apresentados e analisados os resultados obtidos através da aplicação dessa centrífuga na drenagem do óleo remanescente de embalagens já utilizadas. Por fim, no quarto capítulo, as considerações finais são expostas e são sugeridas direções para possíveis trabalhos futuros.

2 MÉTODO

O projeto tem como objetivo principal criar uma centrífuga que maximize a extração do óleo lubrificante restante em embalagens plásticas previamente utilizadas. Além de avaliar a eficácia do equipamento proposto, pretende-se estudar a velocidade de rotação e o período mais adequado para otimizar

a drenagem do óleo lubrificante.

Nesta seção, apresenta-se de forma detalhada o projeto da estrutura mecânica da centrífuga, assim como o sistema elétrico de controle do equipamento proposto e os procedimentos para os ensaios realizados. O desenvolvimento dessa centrífuga traz a perspectiva de um processo mais eficiente e sustentável para a reutilização de óleo lubrificante, contribuindo para a redução do desperdício e o impacto ambiental.

Por meio da investigação das variáveis de rotação e drenagem, busca-se alcançar resultados confiáveis e embasados cientificamente para o aprimoramento contínuo do projeto. A implementação bem-sucedida dessa centrífuga poderá trazer benefícios significativos tanto em termos econômicos quanto ambientais, tornando-se uma solução promissora para o setor de reciclagem e reutilização de óleo lubrificante.

A. Estrutura mecânica:

Para a estrutura mecânica da centrífuga, é fundamental selecionar materiais adequados e capazes de suportar a carga mecânica sem tornar o equipamento excessivamente dispendioso. Diante disso, optou-se por construir a centrífuga com uma estrutura de aço e um tambor de plástico PVC, como ilustrado na Figura 2. Essa escolha foi embasada na eficiência e no equilíbrio entre resistência e custo, garantindo o desempenho adequado do equipamento sem comprometer sua viabilidade econômica.

Figura 2 - Projeto da estrutura para centrífuga proposta.



Fonte: Autores (2023).

A base da centrífuga é projetada com cantoneiras de aço 1020, unidas por meio de solda MIG, conforme ilustrado na Figura 3. As dimensões da estrutura são 600 mm x 600 mm x 560 mm. É importante ressaltar a necessidade de centralizar o motor na base, a fim de prevenir quaisquer trepidações indesejáveis durante o funcionamento da centrífuga.

Figura 3 - Estrutura mecânica da base da centrífuga.



Fonte: Autores (2023).

Foram projetados três suportes em aço 1020 para a fixação das embalagens plásticas de óleo lubrificante, conforme ilustrado na Figura 4. Esses suportes são conectados ao eixo do motor por meio de um flange de aço 1045, como demonstrado na Figura 5.

Figura 4 - Suporte para fixação das embalagens plásticas.



Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - Flange para conexão dos suportes ao eixo do motor.



Fonte: Autores (2023).

Em virtude da alta velocidade de rotação do motor, torna-se imprescindível projetar os esforços exercidos sobre o suporte de fixação das embalagens plásticas. Nesse contexto, podemos

estimar a força centrífuga por:

$$F_c = m \cdot V^2 / R$$

Onde:

F_c é a força centrífuga, em Newtons (N).

m é a massa do conjunto formado pelos suportes e pelas embalagens plásticas, em quilogramas (Kg).

V é a velocidade de rotação do motor, em metros por segundo (m/s).

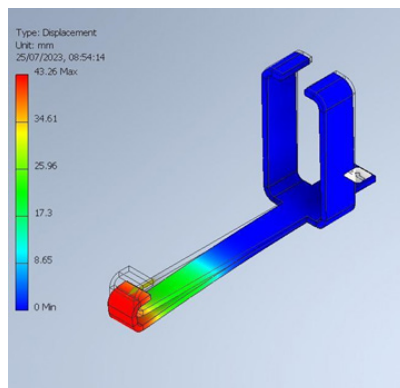
R é o raio, ou seja, a distância entre o centro do motor até a ponta de um dos suportes, em metros (m).

No caso da centrífuga proposta, a massa (m) é de 0,636 Kg e o raio (R) é de 0,279 m. Logo, ao considerar a velocidade de 1.800 rpm, tem-se que:

$$F_c = m \cdot V^2 / R = 0,636 \cdot 52,563^2 / 0,279 = 6,298 \text{ KN}$$

Após realizar uma simulação no software Inventor e considerar o esforço calculado sobre os suportes, foi constatada uma deflexão de 43,26 mm na extremidade deles, conforme representado na Figura 6. Essa análise aponta para uma limitação construtiva na centrífuga, levando à escolha pela velocidade de 1.100 rpm. Nesse caso, a força centrífuga é de 2,352 KN, responsável pela deflexão de 24,52 mm.

Figura 6 - Simulação para estimar a deflexão dos suportes da centrífuga.



Fonte: Software Inventor (2023).

Por fim, a centrífuga é composta por um tambor destinado a acondicionar a flange e os suportes para fixação das embalagens de óleo lubrificante. Para essa finalidade, um tambor de PVC com capacidade de 200 litros foi cortado ao meio e fixado à base da centrífuga, como ilustrado na Figura 7. A fixação das embalagens plásticas dentro do tambor está ilustrada na Figura 8.

Figura 7 - Estrutura mecânica da centrífuga proposta.



Fonte: Autores (2023).

Figura 8 - Fixação das embalagens dentro do tambor.

Fonte: Autores (2023).

B. Comando elétrico:

A centrífuga é composta, além de sua estrutura mecânica, pela instalação elétrica necessária para garantir o seu correto funcionamento. Nesse contexto, encontra-se o atuador e o circuito responsável pelo seu acionamento. O atuador é um motor elétrico trifásico de 2 CV de potência, fabricado pela empresa WEG, cujos principais dados de placa podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do motor elétrico.

PARÂMETRO	VALOR
Tensão nominal	220/380 V
Número de polos	4
Grau de proteção	IP55
Rotação síncrona	1740 RPM
Potência	1,47 kW
Corrente nominal	6,00/3,47 A
Ip/In	7,1
Fp	0,78

Fonte: Autores (2023).

O motor elétrico é acionado por um inversor de frequência, uma escolha que possibilita a manutenção da velocidade de rotação a 1.100 RPM e, conseqüentemente, a redução dos esforços exercidos sobre a estrutura mecânica. Foi utilizado o modelo CFW-700, fabricado pela WEG. Importante salientar que este inversor possui uma interface RS-485 e possibilita a comunicação por meio do protocolo Modbus RTU.

Devido à necessidade de realizar ensaios para determinar a velocidade de rotação e o período de centrifugação ideais para otimizar a drenagem do óleo lubrificante, optou-se por utilizar um CLP para controlar o inversor de frequência. É relevante destacar que a inclusão do CLP acrescenta custos ao equipamento proposto, mas ele foi empregado apenas para a validação da centrífuga. Para esse propósito, o CLP TPW04 da WEG foi selecionado. Vale mencionar que esse CLP também possui uma interface RS-485, o que facilita o ajuste da velocidade de rotação e do período de funcionamento da centrífuga por meio do protocolo Modbus RTU.

O inversor de frequência, juntamente com o CLP e os demais componentes elétricos, foram instalados em um painel elétrico, destinado ao acionamento e controle da centrífuga proposta, como ilustrado na Figura 9. Esse painel é construído em conformidade com a Norma NBR IEC 61439-1, que estabelece os requisitos gerais para o projeto, construção, desempenho e ensaios de conjuntos de manobra e controle de baixa tensão [5]. Essa abordagem garante a segurança e confiabilidade da instalação elétrica da centrífuga.

Figura 9 - Painel elétrico para acionamento e controle da centrífuga.



Fonte: Autores (2023).

C. Preparativos para os ensaios:

Os ensaios na centrífuga foram realizados em triplicatas com 3 tempos de operação diferentes: 30 segundos, 1 minuto e 2 minutos. Foram separadas 9 embalagens de lubrificantes automotivos pós-consumo. As embalagens de 1 a 3 foram separadas para serem utilizadas na centrífuga por 30 segundos; as de 4 a 6 por 1 minuto; e as de 7 a 9 por 2 minutos. As embalagens foram pesadas, antes e depois de serem colocadas na centrífuga, em balança modelo M254Ai, Máx. 250g e Mín. 10mg ($e = 1\text{ mg}$ e $d = 0,1\text{ mg}$).

Após os ensaios na centrífuga, as embalagens foram lavadas com desengraxante Removex ultraconcentrado e, em seguida, com detergente neutro. Ambos os processos foram repetidos por 3 vezes. Essa etapa foi realizada para obtermos o peso das embalagens sem o óleo remanescente. Após as lavagens, as embalagens foram novamente pesadas. Depois de obtidas as massas, calculou-se o valor médio dos recipientes. Esse valor foi incluído na Tabela 2, na coluna Peso da embalagem limpa (g).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A integração da estrutura mecânica com o comando elétrico resulta na centrífuga proposta para otimizar a drenagem do óleo lubrificante remanescente em embalagens já utilizadas, como mostra a Figura 10. Os comandos da centrífuga foram projetados para facilitar a utilização pelo operador. Nesse sentido, o operador simplesmente fixa as embalagens de óleo no interior da centrífuga e aciona o botão de partida. Ao final do ciclo, a centrífuga interrompe automaticamente o processo.

Figura 10 - Protótipo da centrífuga proposta para drenagem do óleo lubrificante.



Fonte: Autores (2023).

Um aspecto relevante foi a inclusão de um botão de emergência e de um sensor de posição que indica se a porta está devidamente fechada. Esses dispositivos são capazes de interromper imediatamente o funcionamento da centrífuga em caso de necessidade. Ao final do ciclo, o óleo lubrificante

que foi drenado e direcionado para um reservatório pode ser encaminhado para o destino correto, promovendo a gestão adequada do resíduo.

Foram realizados ensaios com o propósito de validar o funcionamento da centrífuga e determinar o período de operação que maximiza a drenagem do óleo lubrificante remanescente. Esses ensaios envolveram a avaliação da drenagem do óleo em três períodos de operação distintos: 30 segundos, 1 minuto e 2 minutos. Em cada um desses períodos, três embalagens foram utilizadas para o teste. Os resultados dos ensaios são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Ensaios de validação da centrífuga proposta.

PERÍODO (MIN)	ENSAIO N°	PESO DA EMBALAGEM LIMPA (G)	PESO DA EMBALAGEM COM ÓLEO (G)	PESO APÓS A CENTRIFUGAÇÃO (G)	QUANTIDADE DE ÓLEO REMOVIDA (G)	QUANTIDADE DE ÓLEO REMOVIDA (%)
0,5	1	57,7478	58,1922	57,8247	0,3675	82,70
	2	57,7478	58,4468	58,1610	0,2858	40,89
	3	57,7478	61,1965	58,8833	2,3132	67,07
1	4	57,7478	61,1858	57,9454	3,2404	94,25
	5	57,7478	62,5386	57,9571	4,5815	95,63
	6	57,7478	64,8779	58,6862	6,1917	86,84
2	7	57,7478	64,9271	58,6952	6,2319	86,80
	8	57,7478	64,7675	58,1455	6,6220	94,33
	9	57,7478	64,2650	57,7792	6,4858	99,52

Fonte: Autores (2023).

O peso da embalagem limpa foi estabelecido através da média das massas das embalagens utilizadas nos ensaios. Para a pesagem, as embalagens foram limpas com desengordurante após os ensaios na centrífuga. Os resultados mostram que a centrífuga alcançou com sucesso o objetivo de drenar o óleo das embalagens já utilizadas. Nota-se que os períodos de

1 e 2 minutos apresentaram quantidades similares de óleo drenado, ambos superando 85% do óleo remanescente. Diante disso, o período de 1 minuto foi considerado adequado para o funcionamento da centrífuga, levando em conta o consumo de energia elétrica.

Pesquisas anteriores mostraram que, ao controlar a temperatura e ajustar o ângulo de inclinação, foi alcançada a remoção máxima de 97,08% do óleo remanescente em um período de 35 minutos [4]. Esse resultado evidencia a eficiência da centrífuga proposta, pois em um curto período de funcionamento, ela consegue se aproximar significativamente do desempenho alcançado no estudo citado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos lubrificantes desempenham um papel fundamental na prevenção do desgaste prematuro das peças em veículos automotores. No entanto, as trocas de óleo resultam em embalagens vazias que ainda contêm uma quantidade mínima de óleo remanescente, o qual frequentemente não recebe a destinação adequada, gerando diversos impactos ambientais.

Diante dessa problemática, o presente trabalho propôs a construção de uma centrífuga projetada para maximizar a drenagem do óleo lubrificante remanescente presente em embalagens já utilizadas. Essa abordagem visou reduzir o desperdício de óleo e diminuir o impacto ambiental causado pela disposição inadequada dessas embalagens.

A centrífuga mostrou-se eficiente ao drenar até 99,52% do óleo remanescente em apenas dois minutos. Esse resultado a torna uma opção viável e promissora para o processo de recuperação do óleo lubrificante ainda presente em embalagens plásticas

utilizadas. Ao adotar essa tecnologia, é possível impulsionar práticas sustentáveis de reciclagem e, conseqüentemente, reduzir significativamente o impacto ambiental.

Como perspectiva para trabalhos futuros, planeja-se avaliar o desempenho da centrífuga com óleos lubrificantes de diferentes viscosidades, a fim de compreender como ela se comporta diante de variações nesse aspecto. Além disso, será analisada a viabilidade de implementar um sistema de controle de temperatura no interior do tambor, o que poderia otimizar ainda mais o processo de drenagem. Por fim, outro objetivo será realizar um estudo comparativo entre a quantidade de energia elétrica consumida pela centrífuga e a quantidade de óleo extraída das embalagens. Essa análise será fundamental para avaliar a eficiência energética do equipamento em relação à quantidade de óleo recuperada.

REFERÊNCIAS

[1] RIBEIRO, Ivan de Oliveira. **Pós-venda em relação à extensão do período de troca de lubrificante do tipo SAE 15W-40 e API CI-4.** Monografia (Especialização) - Curso de Avm Pós-Graduação Lato Sensu, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2019.

[2] FIGUEIREDO, Igor Freitas. **Análise da composição de lubrificantes para determinação de lubrificantes para determinação de fraudes em óleos básicos.** Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Química, Universidade de Brasília, Instituto de Química, Brasília, 2020.

[3] SILVA, Tiago Almeida; OLIVEIRA, Katia Mara de. **Descarte de óleos lubrificantes e suas embalagens:** Estudo de caso dos postos de gasolina e oficinas da cidade de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v. 3, n. 7, p. 101-114, 2011.

[4] MARTINS, Harley Moraes; CAMPOS, Juacyara Carbonelli;

GUIMARAES, Maria José de Oliveira Cavalcanti; BASSANI, Gabriel. **Remoção da fração oleosa de embalagens de lubrificantes automotivos pós-consumo por drenagem gravitacional.** Artigo técnico. Rio de Janeiro. 2016.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61439-1: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Projeto idealizado pelo Roni Richard Fuckner, em função das necessidades do arranjo produtivo local fundamentado através de Cooperação Técnica. O qual projetou e desenvolveu, com a colaboração de Leonardo Rodrigues Ramos Fermino e Horst Walter Smoger, o protótipo funcional e seus devidos testes, sob orientação de Leandro Marcos Salgado Alves e Marcos Eduardo Treter. Finalizando a proposta com o desenvolvimento deste artigo, o qual todos desempenharam grande envolvimento na escrita em função dos resultados dessa parceria.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste projeto, teve apoio de Laércio Lueders, na usinagem mecânica do flange de fixação das hastes.

Parceria dos sócios da Auto Speed Centro Automotivo, Tiago Wotroba e Joelso Osmar Ossoski, pela abertura e insumos para testes e coleta de dados.

Recebido em: 28/07/2023 Aceito em: 02/10/23

