

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS GUARAPUAVA  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SISTEMA DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DA  
EMBREAGEM APLICADO EM MOTOCICLETA**

**JONAS CRISTIANO MYKYTCZUK JÚNIOR**

**GUARAPUAVA  
2019**

**JONAS CRISTIANO MYKYTCZUK JÚNIOR**

**SISTEMA DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DA  
EMBREAGEM APLICADO EM MOTOCICLETA**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à  
Coordenação de Engenharia Mecânica, como  
requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel  
em Engenharia Mecânica, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Aldo Przybysz  
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Rafael Cosetin

GUARAPUAVA  
2019



## TERMO DE APROVAÇÃO

### SISTEMA DE ACIONAMENTO ELETRÔNICO DA EMBREAGEM APLICADO EM MOTOCICLETA

JONAS CRISTIANO MYKYTCZUK JÚNIOR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em Guarapuava, Paraná na data de 10 de Dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Aldo Przybysz  
Prof. Orientador

---

Marcelo Rafael Cosetin  
Prof. Coorientador

---

Arthur Hirata Bertachi  
Prof. membro da Banca

---

Aldo Przybysz  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

---

Jonas Cristiano Mykytczuk Júnior

MYKYTCZUK JÚNIOR, Jonas C. **Sistema de Acionamento Eletrônico da Embreagem aplicado em Motocicleta**. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

## RESUMO

Este trabalho apresenta a metodologia para o desenvolvimento de um sistema de acionamento eletrônico de embreagem para motocicleta, tendo como objetivo a diminuição da força necessária para o movimento do manete de embreagem. A maioria dos sistemas de embreagem empregados em motocicletas utilizam a força aplicada ao manete para tensionar um cabo de aço que interage no disco de embreagem. Menos comum, há também sistemas de embreagem hidráulica. Ambos podem ser considerados defasados, se comparados à tecnologias embarcadas em veículos atuais. Estes sistemas geram desgastes mecânicos, devido ao atrito gerado por inúmeros ciclos de acionamento, uma vez que operam em ambiente robusto, com umidade e sujeira. Tais condições podem causar esforço físico demais pelo piloto, gerando tendinites, devido ao acionamento pesado dos sistemas convencionais. O sistema eletrônico apresentado, utiliza um servomotor, para tensionamento do cabo de aço, que é comandado pelo usuário através do manete de embreagem. A resistência mecânica do manete pode ser considerada nula, pois trata-se apenas do esforço para girar um potenciômetro acoplado ao seu eixo. Dessa forma, ao acionar o manete, um sinal analógico é enviado à um sistema microprocessado, que por sua vez, aciona o servomotor, controlando o movimento do cabo do sistema de embreagem. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema é apresentada, desde o desenvolvimento dos componentes necessários em ferramentas computacionais, até a fabricação dos mesmos, via manufatura aditiva. Ainda, a lógica da programação do sistema microcontrolado é apresentada e por fim, a instalação dos equipamentos do sistema na motocicleta, bem como sua calibração, é descrita. Os resultados apresentados pelo sistema foram conforme o projetado, sendo que a força necessária para o acionamento do manete de embreagem foi drasticamente reduzida. Foram realizados testes, tanto na oficina da universidade quanto em campo para validação final do projeto, bem como da metodologia.

**Palavras-chave:** Embreagem eletrônica. Motocicleta. Servomotor.

MYKYTCZUK JÚNIOR, Jonas C. **Motorcycle Electronic Clutch Drive System**. 2019. 53 f. Completion of coursework to obtain a bachelor's degree in Mechanical Engineering – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

## ABSTRACT

This work presents the methodology for the development of an electronic motorcycle clutch system, aiming to reduce the force required for the movement of the clutch lever. The vast majority of clutch systems employed on motorcycles utilize the force applied to the lever to tension a wire rope that interacts with the clutch disc. Less common, there are also hydraulic clutch systems. Both can be considered lagged compared to technologies embedded in today's vehicles. These systems generate mechanical wear due to the friction generated by numerous drive cycles as they operate in a rugged environment with humidity and dirt. Such conditions can cause too much physical effort by the pilot, leading to tendonitis due to heavy drive of conventional systems. The electronic system presented uses a servomotor for tensioning the wire rope, which is controlled by the user through the clutch lever. The mechanical resistance of the lever can be considered null, as it is only the effort to turn a potentiometer attached to its axis. Thus, when activating the head, an analog signal is sent to a microprocessor system, which in turn drives the servomotor, controlling the movement of the clutch system cable. The methodology used for the development of the system is presented, from the development of the necessary components in computational tools, to their manufacture, through additive manufacturing. Also, the logic of programming the microcontrolled system is presented and finally, the installation of system equipment on the motorcycle, as well as its calibration, is described. The results presented by the system were as projected, and the force required to actuate the clutch lever was drastically reduced. Tests were carried out both at the university workshop and in the field for final validation of the project as well as the methodology.

**Keywords:** Electronic Clutch. Motorcycle. Servomotor.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Fadiga “calo” no dedo indicador causada pelo acionamento repetitivo da embreagem em passeio off-road..... | 11 |
| Figura 2 - Embreagem tipo tambor com sapatas internas .....  | 14 |
| Figura 3 - Embreagem de disco simples.....   | 14 |
| Figura 4 - Componentes da embreagem de múltiplos discos .....  | 15 |
| Figura 5 - Embreagem multidisco banhada a óleo .....   | 16 |
| Figura 6 - Ilustração do manete de embreagem.....  | 16 |
| Figura 7 - Acionamento de embreagem via cabo de aço.....   | 17 |
| Figura 8 - Acionamento de embreagem tipo hidráulico .....  | 18 |
| Figura 9 - Impressão 3D sendo realizada .....  | 20 |
| Figura 10 - Arduino .....  | 20 |
| Figura 11 - Potenciômetro .....  | 21 |
| Figura 12 - Servomotor .....   | 22 |
| Figura 13 - Módulo driver tipo Ponte H.....  | 22 |
| Figura 14 - Módulo Regulador de Tensão.....  | 23 |
| Figura 15 - Projeto em CAD do Suporte Inferior do Manicoto.....  | 24 |
| Figura 16 - Projeto em CAD do Suporte Superior do Manicoto .....   | 25 |
| Figura 17 - Projeto em CAD da Montagem final do Manicoto.....  | 25 |
| Figura 18 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor ..                           | 26 |
| Figura 19 - Suporte superior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor .                            | 26 |
| Figura 20 - Ilustração das ligações elétricas do sistema.....  | 27 |
| Figura 21 - Parte inferior do manicoto após a impressão .....  | 28 |
| Figura 22 - Parte inferior do manicoto após a montagem .....   | 28 |
| Figura 23 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor ..                           | 29 |
| Figura 24 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor ..                           | 29 |
| Figura 25 – Suporte superior do potenciômetro de realimentação de posição do motor .....                             | 29 |
| Figura 26 - Motor de limpador de parabrisas veicular .....   | 30 |
| Figura 27 - Adaptação feita ao motor .....   | 31 |
| Figura 28 - Polos positivo e negativo do motor após a adaptação .....  | 32 |
| Figura 29 - Furo passante sendo realizado na tampa traseira da carcaça do motor.....                                 | 32 |
| Figura 30 - Torneamento sendo realizado na cabeça do parafuso.....   | 33 |
| Figura 31 - Parafuso preso a parte traseira da engrenagem do motor .....   | 33 |
| Figura 32 - Suporte superior parafusado na furação original da carcaça do motor.....                                 | 34 |
| Figura 33 - Representação da conexão entre o potenciômetro e o parafuso .....  | 34 |
| Figura 34 - Montagem final do servomotor .....   | 35 |
| Figura 35 - Suporte de fixação do servomotor ao quadro da motocicleta.....   | 36 |
| Figura 36 - Suporte instalado no quadro da motocicleta .....   | 36 |
| Figura 37 - Fixação do motor ao suporte de fixação .....   | 37 |
| Figura 38 - Base de fixação dos componentes .....  | 37 |
| Figura 39 - Caixa de fixação dos componentes .....   | 38 |
| Figura 40 - Teste sendo realizado na oficina da Universidade.....  | 39 |
| Figura 41 - Teste sendo realizado no estacionamento da universidade.....   | 40 |
| Figura 42 - Sistema em repouso, embreagem desacionada .....  | 41 |
| Figura 43 - Sistema acionado, motocicleta embreada .....   | 42 |
| Figura 44 - Manete de embreagem sendo acionado com apenas um dedo.....   | 42 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 45 - Manete de embreagem e botão de chave geral .....                  | 43 |
| Figura 46 - Visão do piloto para os comandos do sistema .....                 | 43 |
| Figura 47 - Aparência da motocicleta com o sistema instalado .....            | 44 |
| Figura 48 - Sistema elétrico instalado na motocicleta.....                    | 44 |
| Figura 49 - Local da base de fixação dos componentes .....                    | 45 |
| Figura 50 - Posicionamento dos componentes na motocicleta Honda CRF230F ..... | 45 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |   |
|------|---|
| CAD  | Projeto Assistido por Computador (do inglês - <i>Computer-Aided Design</i> )                  |
| FMEA | Análise de Efeitos e Modos de Falhas (do inglês - <i>Failures Mode and Effect Analysis</i> )  |
| IDE  | Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês - <i>Integrated Development Enviroment</i> ) |
| PWM  | Modulação por Largura de Pulso (do inglês - <i>Pulse-Width Modulation</i> )                   |



# SUMÁRIO

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                     | <b>9</b>  |
| 1.1       | JUSTIFICATIVA.....  | 10        |
| 1.2       | OBJETIVOS.....  | 11        |
| 1.2.1     | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                  | 12        |
| <b>2.</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                           | <b>13</b> |
| 2.1       | EMBREAGEM .....   | 13        |
| 2.1.1     | TIPOS DE EMBREAGEM .....                                    | 13        |
| 2.2       | TIPOS DE ACIONAMENTOS .....                                 | 16        |
| 2.2.1     | ACIONAMENTO VIA CABO.....                                   | 17        |
| 2.2.2     | ACIONAMENTO HIDRÁULICO.....                                 | 18        |
| 2.3       | FADIGA MUSCULAR RELACIONADA A UTILIZAÇÃO DA EMBREAGEM... 18 |           |
| 2.4       | COMPONENTES .....   | 19        |
| 2.4.1     | IMPRESSÃO 3D .....  | 19        |
| 2.4.2     | ARDUINO .....   | 20        |
| 2.4.3     | POTENCIÔMETRO .....   | 21        |
| 2.4.4     | SERVOMOTOR.....   | 22        |
| 2.4.5     | MÓDULO PONTE H .....  | 22        |
| 2.4.6     | MÓDULO REGULADOR DE TENSÃO.....                             | 23        |
| <b>3.</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                                    | <b>24</b> |
| 3.1       | PROJETO .....   | 24        |
| 3.1.1     | PROJETO EM CAD .....  | 24        |
| 3.1.2     | PROJETO ELÉTRICO .....                                      | 26        |
| 3.2       | FABRICAÇÃO .....  | 27        |
| 3.2.1     | FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES .....                            | 28        |
| 3.3       | FABRICAÇÃO DA PARTE ELÉTRICA .....                          | 30        |
| 3.3.1     | DEFINIÇÃO DO SERVOMOTOR .....                               | 30        |
| 3.3.2     | ADAPTAÇÃO DE UM MOTOR PARA SERVOMOTOR.....                  | 31        |
| 3.3.3     | COMANDO DO SERVOMOTOR VIA ARDUINO .....                     | 35        |
| 3.3.4     | FIXAÇÃO DO SERVOMOTOR NA MOTOCICLETA .....                  | 36        |
| 3.3.5     | BASE DE FIXAÇÃO DOS COMPONENTES .....                       | 37        |
| 3.3.6     | CHICOTE ELÉTRICO .....                                      | 38        |
| 3.4       | CALIBRAÇÃO .....  | 38        |
| 3.5       | TESTE .....   | 39        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                        | <b>41</b> |
| 4.1       | ACIONAMENTO DA EMBREAGEM .....                              | 41        |
| 4.2       | APARÊNCIA FINAL DO PRODUTO .....                            | 43        |
| 4.3       | PROGRAMAÇÃO.....  | 46        |
| 4.4       | CUSTOS DE FABRICAÇÃO .....                                  | 46        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                       | <b>47</b> |
| 5.1       | TRABALHOS FUTUROS.....                                      | 48        |
| <b>6.</b> | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                    | <b>49</b> |
| <b>7.</b> | <b>ANEXO I.....</b>   | <b>51</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

As motocicletas são um dos meios de transporte motorizados mais antigos e utilizados pela população. São conhecidas por sua versatilidade em grandes centros urbanos, utilizadas tanto para uma simples locomoção, quanto como ferramenta de trabalho. Aliado ao prazer de direção que proporciona aos seus usuários, são também muito utilizadas para viagens e passeios ao redor de todo o planeta.

Segundo o Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação, no ano de 2018 o Brasil já contava com mais de 15 milhões de motocicletas, cerca de 23% da frota nacional de veículos, e este número cresce cada vez mais devido as vantagens que a mesma apresenta em comparação a um carro, tal como um custo mais baixo de aquisição, quando comparados a veículos populares novos, menor consumo de combustível, manutenção mais barata e uma agilidade maior para transitar e estacionar em vias urbanas. A popularização das motocicletas nos últimos anos é tão acentuada que uma pesquisa feita pela Confederação Nacional dos Municípios divulgou que o número de motos é maior que o de carros em 45% das cidades brasileiras.[1,2]

Basicamente, a motocicleta é um veículo motorizado de duas rodas e tração traseira, um de seus principais componentes é o motor de combustão interna, a potência gerada pelo motor é passada a roda por meio de uma transmissão, via corrente, correia ou cardã, qual pode ser acoplada ou desacoplada do motor por meio de uma embreagem. A embreagem tem como finalidade transmitir potência de forma progressiva e suave do motor para o câmbio, permitindo assim que o piloto arranque com a moto suavemente e troque as marchas, sem sua utilização a transmissão sofrerá desgaste prematuro em suas engrenagens, podendo ocasionar fissuras e fratura.

A embreagem é acionada via cabo de aço ou hidraulicamente pelo manete esquerdo localizado no guidão, quando o manete é acionado a transmissão é desacoplada do motor, que em seu interior possui uma série de discos de fricção que se espaçam entre eles. Já quando o manete é solto, uma mola de compressão faz com que estes discos se unam novamente e transmitam a força do motor para a transmissão.

Um dos principais problemas dos sistemas atuais de embreagem é a força necessária para acioná-la, aproximadamente 98 Newtons, que ao decorrer dos anos pode aumentar em decorrência do desgaste sofrido pelo sistema, causado pelo tempo de uso, por contaminantes que aderem ao sistema de acionamento, ou também pela falta de manutenção. As causas mais

comuns decorrentes de uma embreagem pesada e acionada repetitivamente são a tendinite e a fadiga no antebraço, comprometendo tanto a saúde do motociclista quanto a segurança do mesmo e das pessoas ao seu redor no trânsito.

O presente trabalho tem a finalidade de construir um protótipo de embreagem acionada eletronicamente e sua instalação em uma motocicleta do tipo CRF 230F da marca Honda.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho de conclusão de curso surgiu da necessidade presenciada pelo próprio autor. Em competições off-road após alguns minutos de prova o antebraço fadiga muito em decorrência dos choques recebidos pelas irregularidades do terreno, somado a necessidade de ficar agarrado a motocicleta, e ainda acionar os manetes de freio e embreagem. Esta fadiga é tão grande que o piloto perde a força nos dedos, ao ponto de não conseguir mais acionar a embreagem e tendo muita dificuldade para se segurar ao guidão da motocicleta, perdendo assim rendimento e aumentando as chances de queda, que podem acarretar em lesão.

Saindo do mundo off-road, as motocicletas para trânsito urbano podem apresentar este mesmo problema, motos mais antigas ou com falta de manutenção tem grande chance de que sua embreagem esteja mais pesada que o normal, decorrência de problemas com o cabo de acionamento, qual pode estar sujo, mal lubrificado ou até mesmo danificado. Motocicletas de alta cilindrada também podem apresentar este problema, pois seus motores requerem molas mais robustas em seu sistema de embreagem para uma transmissão mais efetiva de potência, ou seja, para que a embreagem não deslize e gere desgaste prematuro em seus discos, resultando assim em um acionamento mais pesado no manete de embreagem.

Como mostrado na Figura 1, o sistema de acionamento convencional ainda pode gerar calos<sup>1</sup> nos dedos, tal problema ocorreu com o autor em passeio off-road de média duração, em torno 6 horas de passeio, onde o manete de embreagem foi acionado repetitivamente durante todo o trajeto, causando tal desconforto a sua mão.

---

<sup>1</sup> Calos – camadas espessas de pele, geralmente nas mãos ou nos pés, onde ocorre atrito repetitivo.

Figura 1 - Fadiga “calo” no dedo indicador causada pelo acionamento repetitivo da embreagem em passeio off-road .



Fonte: Aatoria própria

O presente trabalho busca resolver este problema, diminuir a força necessária para o acionamento da embreagem, aplicada a qualquer motocicleta que possua um sistema de embreagem manual e necessite trocar de marchas.

Assim, como um futuro engenheiro mecânico e apaixonado pelo mundo duas rodas, o autor decidiu junta-los em um mesmo projeto, desenvolver este produto que não irá sanar apenas seu problema, mas de grande parte dos motociclistas.

Quando aplicado nas competições este projeto auxiliará os pilotos a fadigarem menos seus braços ao pilotar, contribuindo para uma pilotagem mais confortável, segura, eficaz e buscando melhorar seus resultados.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de embreagem acionada eletronicamente, buscando reduzir a força necessária para acionamento da embreagem nas motocicletas.

### 1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Projeto em CAD dos componentes.
- Projeto elétrico.
- Fabricação dos componentes por manufatura aditiva.
- Fabricação do sistema elétrico.
- Calibração do sistema.
- Teste do projeto.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos próximos tópicos serão abordados os principais tipos de embreagem e acionamentos utilizados em motocicletas, uma breve descrição da relação entre fadiga muscular e utilização da embreagem, e os principais componentes eletrônicos utilizados no presente projeto.

### 2.1 EMBREAGEM

Funcionalmente, uma embreagem é um dispositivo para conectar de forma suave e gradual dois componentes rotativos distintos, com velocidades angulares distintas, em relação a uma linha de centro comum, trazendo os dois componentes para uma mesma velocidade angular após a embreagem ter sido acionada[3].

A embreagem pode prover atrito de forma magnética, hidráulica ou mecânica entre dois componentes [4], sendo a mecânica a mais usual e aplicada, e tem como seus principais objetivos maximizar o coeficiente de atrito, conseguindo manter seu material uniforme em amplas condições operacionais, principalmente em alta temperatura, e ainda conseguindo manter uma boa vida útil em sua superfície de atrito[3,5].

Este mecanismo é bastante conhecido por sua aplicação no ramo automotivo, como o acoplamento e desacoplamento entre a caixa de câmbio e o motor do veículo, mas também são extensivamente utilizadas em grande variedade de equipamentos industriais, como tratores, moínhos, elevadores e motosserras[3,4].

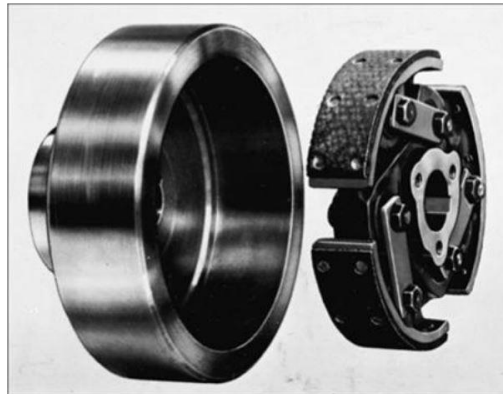
#### 2.1.1 TIPOS DE EMBREAGEM

A seguir serão apresentados os principais tipos de embreagens, podendo estes ser utilizados em automóveis, motocicletas ou até mesmo em aplicações industriais.

### 2.1.1.1 EMBREAGEM TIPO TAMBOR COM SAPATAS INTERNAS

A embreagem do tipo tambor com sapatas internas, conforme a Figura 2, é utilizada na maioria das vezes para realizar uma operação automática, e possui três principais componentes, a superfície de atrito, o mecanismo de acionamento e os meios de transmissão de torque.

Figura 2 - Embreagem tipo tambor com sapatas internas.



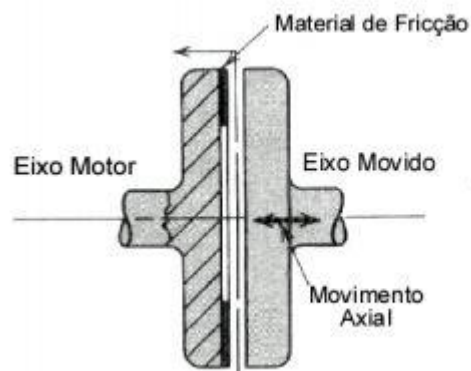
Fonte: Elementos de Máquinas de Shigley[6]

Este tipo de embreagem é muito utilizado em motocicletas infantis de baixa cilindrada e também em máquinas têxteis na indústria. Seu mecanismo se beneficia de efeitos centrífugos, transmitindo altos torques a baixas velocidades[6].

### 2.1.1.2 EMBREAGEM DE DISCO

A embreagem de disco possui três principais componentes conforme a Figura 3, eixo motor, eixo movido e o material de fricção.

Figura 3 - Embreagem de disco simples.



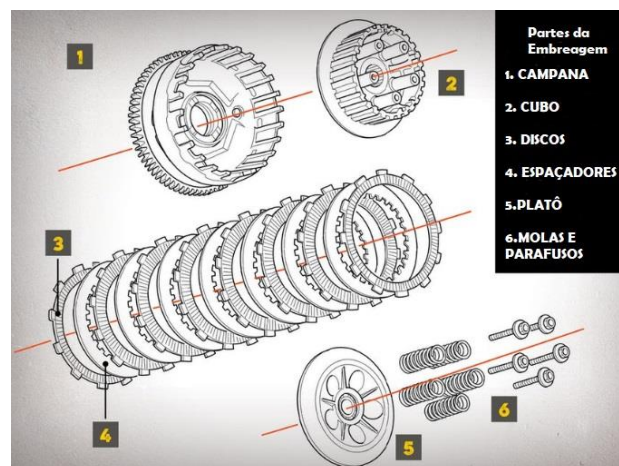
Fonte: Figura adaptada de Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas

A unidade é acionada quando as duas superfícies são pressionadas uma contra a outra, pelo atrito gerado entre as superfícies, o eixo motor consegue rotacionar o eixo movido até que os dois atinjam a mesma velocidade[3,5]. Este tipo de embreagem é o precursor das embreagens mais aplicadas atualmente nos veículos.

### 2.1.1.3 EMBREAGEM DE MÚLTIPLOS DISCOS BANHADA A ÓLEO

Na grande maioria das motocicletas, utiliza-se a embreagem de múltiplos discos banhada a óleo, conforme a Figura 4, usualmente possui entre 5 e 6 discos de fricção, onde uma grande área de atrito pode ser acomodada em um espaço bem menor do que se possuísse um grande disco[3,7].

Figura 4 - Componentes da embreagem de múltiplos discos.



Fonte: Adaptado de Motorcyclistonline.com

Este tipo de embreagem nada mais é do que uma extensão da embreagem de disco único, conseqüentemente com o número maior de discos, sua capacidade de transmitir torque também aumenta. Além de motocicletas, veículos de corrida e veículos pesados que necessitam da transmissão de um torque elevado também utilizam-se deste sistema[7].



Os discos múltiplos são projetados para operar tanto a seco quanto banhados a óleo, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Embreagem multidisco banhada a óleo.



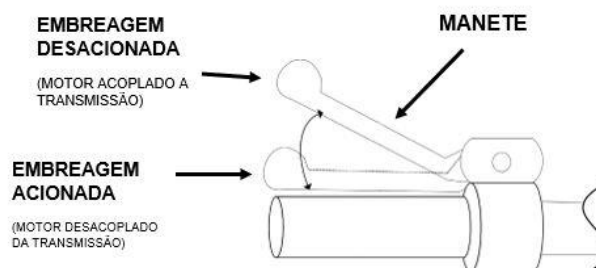
Fonte: Motorcyclistonline.com

Neste sistema o óleo tem a função de atuar como líquido refrigerante durante o acoplamento da embreagem, ou seja, diminui a temperatura de trabalho dos discos, consequentemente garantindo maior vida útil ao sistema[5].

## 2.2 TIPOS DE ACIONAMENTOS

A embreagem de uma motocicleta é controlada por um manete localizado ao lado esquerdo do guidão, conforme a Figura 6, e é operado pela mão esquerda o usuário.

Figura 6 - Ilustração do manete de embreagem.



Fonte: Adaptado de Evaluation of Forearm Muscle Fatigue from Operating a Motorcycle Clutch [7]

O manete tensiona um cabo conectado a uma mola dentro do motor. Acionando e desacionando o manete de embreagem permite o motociclista a trocar de marcha em movimento ou não. A transmissão é totalmente desacionada do eixo de transmissão quando o manete é puxado, e é acionada quando o manete é solto. Uma embreagem de mola comum requer

aproximadamente 98 N de força para ser acionada. Devido ao tamanho do manete, muitas pessoas tem dificuldade em utilizar os 4 dedos para acionar a embreagem, exercendo assim uma força ainda maior[8].

### 2.2.1 ACIONAMENTO VIA CABO

Neste tipo de acionamento, a força é transferida via cabo de aço, qual possui finos fios de aço entrelaçados por dentro de um cabo guia flexível, conforme mostrado na Figura 7. Este é o sistema mais comum e utilizado nas motocicletas atualmente, devido principalmente ao seu baixo custo de fabricação, manutenção barata e fácil instalação.

Figura 7 - Acionamento de embreagem via cabo de aço.



Fonte: Aatoria Própria

A desvantagem deste tipo de acionamento é a necessidade de uma força maior para acionamento em comparação com o acionamento hidráulico. Além disso requer regulagem e lubrificação regularmente, pois se o cabo estiver com folga a embreagem não será totalmente acionada, e se estiver muito tensionado fará com que a embreagem deslize, causando desgaste excessivo nos discos. Os principais problemas que prejudicam este tipo de sistema é a corrosão, fratura e desfiamento no cabo[9].

### 2.2.2 ACIONAMENTO HIDRÁULICO

Neste tipo de acionamento, quem transfere a força é um fluido viscoso, geralmente óleo específico para linhas de freios e embreagens hidráulicas. Uma das grandes vantagens deste sistema, mostrado na Figura 8, é seu auto ajuste, enquanto o reservatório possuir óleo suficiente este tipo de acionamento se regula automaticamente, assim o ponto de acionamento da embreagem é sempre o mesmo durante toda sua vida útil.

Figura 8 - Acionamento de embreagem tipo hidráulico.



Fonte: MXTtotal.com

O acionamento do sistema hidráulico tende a ser mais leve que do sistema a cabo, devido possuir um cilindro mestre e um servo hidráulico aplicando a força feita pelo manete. Em contra partida possui um custo de fabricação maior, assim como uma manutenção mais cara e complexa, necessitando a troca de reparos e retentores em caso de vazamento, além de ser recomendada a substituição do fluido a cada 2 anos[9].

### 2.3 FADIGA MUSCULAR RELACIONADA A UTILIZAÇÃO DA EMBREAGEM

A frequência com que se utiliza a embreagem pode aumentar drasticamente quando se está em tráfego urbano intenso, contribuindo assim para a fadiga muscular do antebraço, que é responsável pelas forças de acionamento de embreagem e freio. A fadiga muscular acontece quando músculo é utilizado além de um certo nível de contração durante certo período de tempo, teoricamente é o resultado de alguns fatores, como a acumulação de fosfato, a inibição da liberação de cálcio e o esgotamento das reservas de glicogênio que alimentam o músculo, resultando na incapacidade do músculo em continuar se contraíndo com a mesma intensidade[8].

Surge assim uma preocupação quanto a controles manuais como os empregados para operar uma motocicleta, que exige esforços repetitivos, de força excessiva e durante longos períodos de tempo, como em um passeio ou viagem de lazer. Então é um fato e estudos recentes demonstraram a necessidade de uma renovação nos sistemas de controle das motocicletas, para diminuir a fadiga e lesões, e conseqüentemente mantendo a segurança nas estradas[8].

Focando na satisfação dos usuários, os fabricantes de motocicletas estão interessados em conseguir aumentar o conforto de seus veículos, assim motocicletas com embreagens mais leves também permitiriam uma porcentagem maior da população pilotar motocicletas. No estudo feito pela Universidade de Oakland, nos Estados Unidos, pelo menos 1/3 das participantes do sexo feminino afirmaram que a força que é necessária para operar a embreagem da motocicleta foi um fator crítico na escolha da mesma, ou até mesma era a razão pela qual elas não andavam de moto. Uma embreagem que requeira menos força pode fazer com que a pessoa se concentre mais na experiência de pilotagem e no ambiente ao redor e não na dor[8].

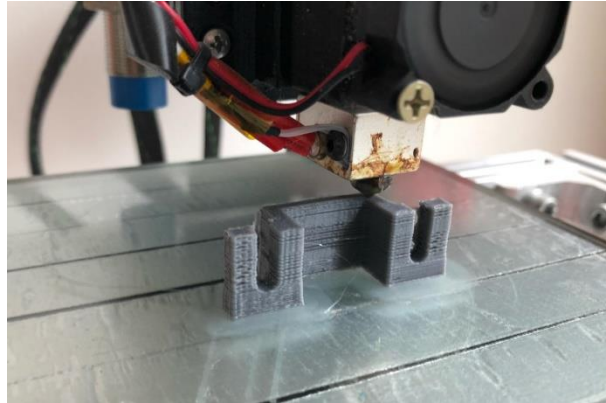
## 2.4 COMPONENTES

A seguir será abordado o método de fabricação dos componentes via Impressão 3D e uma breve introdução aos principais componentes eletrônicos utilizados no presente trabalho.

### 2.4.1 IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, é o processo pelo qual objetos físicos são criados pela deposição de materiais em camadas, conforme mostrado na Figura 9, com base em um modelo digital. Todos os processos de impressão 3D requerem o trabalho conjunto de software, hardware e materiais[10].

Figura 9 - Impressão 3D sendo realizada.



Fonte: Autoria Própria

A tecnologia de impressão 3D pode ser usada para criar diversos objetos. De protótipos e peças simples a produtos finais altamente técnicos, como peças de avião, construções sustentáveis, implantes médicos e até mesmo órgãos artificiais com o uso de camadas de células humanas[10].

#### 2.4.2 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto e baixo custo que se apoia em software e hardware simples de usar, estes microcontroladores são capazes de ler entradas como botões, sensores, potenciômetros, etc... e transformá-los em uma saída, como ligar um LED ou acionar um motor por exemplo. Esta plataforma, mostrada na Figura 10, é programada com a própria linguagem de programação Arduino e o Software Arduino (IDE)[11].

Figura 10 - Arduino.



Fonte: Autoria Própria

Ao longo dos anos este microcontrolador tem sido o cérebro de milhares de projetos por todo o mundo, desde projetos simples para resolver problemas cotidianos até complexos instrumentos científicos. O Arduino possui uma vasta comunidade de criadores, entre eles estudantes, amadores, programadores e profissionais, que se reuniram em torno desta plataforma de código aberto, podendo ser de ampla ajuda para iniciantes e especialistas[11].

### 2.4.3 POTENCIÔMETRO

O potenciômetro é um tipo específico de resistor de três terminais, sua resistência pode ser ajustada mecanicamente por meio de um eixo móvel, conforme a Figura 11, tornando-o assim um divisor de tensão ajustável.

Figura 11 - Potenciômetro.



Fonte: Mundoprojetado.com.br

São encontrados em inúmeras aplicações cotidianas como em instrumentos musicais, televisores, equipamentos industriais e eletrodomésticos. São utilizados basicamente de duas formas em circuitos eletrônicos, como limitadores ajustáveis de corrente e divisores de tensão ajustáveis.[12,13]

#### 2.4.4 SERVOMOTOR

O servomotor, ilustrado na Figura 12, é um dispositivo eletromecânico que se movimenta de acordo com um comando recebido via sinal de controle. O eixo pode-se movimentar em 180° e em alguns modelos até 360°, uma das suas características principais é a capacidade de movimentar um braço e mante-lo na mesma posição.

Figura 12 - Servomotor.



Fonte: Oocities.org

Este motor é utilizado amplamente na automação industrial, setor automotivo e até na medicina. O que diferencia principalmente os modelos é o tamanho, velocidade, torque, liberdade de giro e consumo[14].

#### 2.4.5 MÓDULO PONTE H

O módulo ponte H, ilustrado na Figura 13, é um circuito eletrônico que permite realizar a inversão da polaridade da corrente que alimenta um motor DC<sup>2</sup>.

Figura 13 - Módulo driver tipo Ponte H.



Fonte: Aatoria Própria

---

<sup>2</sup> Motor DC – Motor de corrente contínua.

Este circuito possui quatro interruptores eletrônicos que são controlados de forma independente, que dependendo de suas ligações podem fazer com que o motor rotacione para ambos os lados ou se mantenha parado. Estes interruptores são controlados por um sinal PWM<sup>3</sup>, que aciona ou desaciona o chaveamento para comandar o sentido de giro do motor[15].

#### 2.4.6 MÓDULO REGULADOR DE TENSÃO

O módulo regulador de tensão, ilustrado na Figura 14, é um componente geralmente utilizado em projetos onde existe a necessidade de limitar a tensão.

Figura 14 - Módulo Regulador de Tensão.



Fonte: Autoria Própria

Neste componente a tensão de saída é ajustada por um potenciômetro trimpot<sup>4</sup>, em seu display é indicada a tensão de entrada ou saída, selecionada via botão[16].

---

<sup>3</sup> Sinal PWM – Sinal de pulso digital, é utilizado para controle de potência em motores de corrente contínua.

<sup>4</sup> Trimpot – Potenciômetro miniatura ajustável.



### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do protótipo proposto neste trabalho, desde o sistema eletrônico de embreagem, sua fabricação, finalizando em sua calibração e teste do produto.

#### 3.1 PROJETO

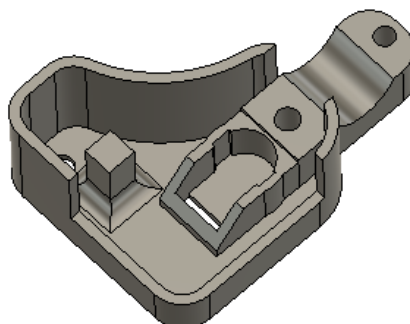
O projeto é o início do produto, o escopo do que será desenvolvido e fabricado posteriormente, neste capítulo será abordado o projeto em CAD, ou seja, os desenhos auxiliados por computador, e o projeto elétrico, desenvolvido para facilitar o entendimento do leitor e possibilitando futuras reproduções do presente trabalho.

##### 3.1.1 PROJETO EM CAD

Para o desenvolvimento dos componentes utilizou-se o software Fusion 360 da Autodesk, onde projetou-se as duas partes que compõem o manicoto<sup>5</sup>, e a fixação do potenciômetro no servomotor, também composta por dois componentes.

A parte inferior do manicoto foi desenvolvida com base nas medidas do manicoto original da motocicleta, porém acrescentando o espaço de fixação do potenciômetro, e local de enlaçamento da mola de retorno do manete, conforme a Figura 15 abaixo.

Figura 15 - Projeto em CAD do Suporte Inferior do Manicoto.



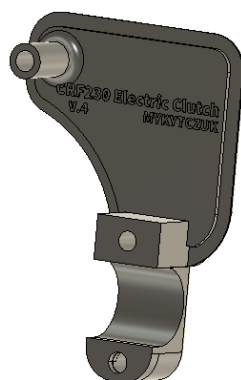
Fonte: Autoria Própria

---

<sup>5</sup> Manicoto – Peça em forma de braçadeira que prende o manete, retrovisores e controles de mão de uma motocicleta ao guidão.

A parte superior do manicoto, mostrado na Figura 16, além de ser fundamental para fixação do componente ao guidão da motocicleta, também auxilia como tampa para o sistema em seu interior, impedindo a entrada de sujeira e respingos líquidos aos componentes.

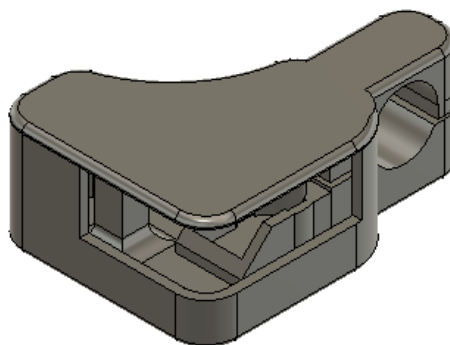
Figura 16 - Projeto em CAD do Suporte Superior do Manicoto.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 17 ilustra o manicoto montado com sua parte superior e inferior, para uni-las e fixá-las ao guidão utiliza-se dois parafusos localizados abaixo do componente inferior.

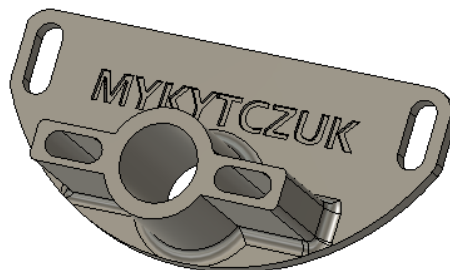
Figura 17 - Projeto em CAD da Montagem final do Manicoto.



Fonte: Autoria Própria

Como base de fixação do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor, desenvolveu-se o componente da Figura 18, está é aparafusada a carcaça do servomotor em sua furação original, possui um furo de centro onde o parafuso é conectado ao potenciômetro, e duas entradas laterais quais outros dois parafusos da parte superior de fixação do potenciômetro são localizados. Para melhor entendimento, na Figura 32 a base está montada ao servomotor.

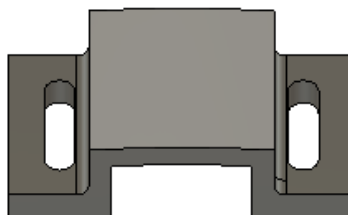
Figura 18 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

A parte superior da fixação do potenciômetro de realimentação, ilustrada na Figura 19, é encaixada na base do potenciômetro e aparafusada pela furação do suporte, o furo alongado onde se passa o parafuso serve também como ajuste fino da realimentação.

Figura 19 - Suporte superior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

Para melhor entendimento, a Figura 34 ilustra o sistema montado por completo.

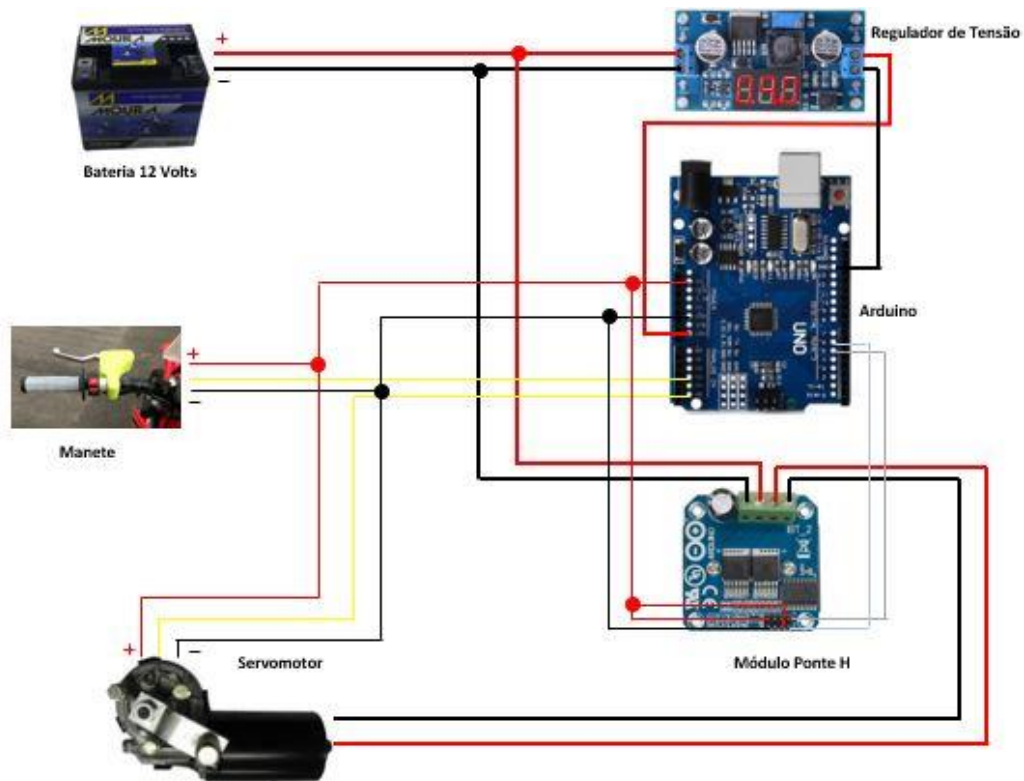
### 3.1.2 PROJETO ELÉTRICO

A representação das ligações elétricas demonstrada na Figura 20, apresenta todas as ligações feitas no projeto do sistema de acionamento eletrônico de embreagem, a bateria de 12 Volts energiza o Módulo Regulador de Tensão, que limita ao arduino apenas 9 Volts entre sua entrada Vin e Gnd. O Arduino então, em sua saída de 5 Volts alimenta o polo positivo dos potenciômetros, e as entradas VCC, R\_EN e L\_EN do Módulo Ponte H. O polo negativo dos potenciômetros, assim como a entrada GND do módulo Ponte H, são conectados ao Gnd do Arduino. As saídas de sinais dos potenciômetros são conectadas respectivamente, do manete na entrada analógica A3, qual informa ao Arduino qual a posição desejada pelo usuário, e o sinal

do potenciômetro do servomotor na entrada A5 do Arduino, informando a posição exata do eixo do servomotor. Então com os sinais de posição atual e de posição desejada, através da programação o Arduino envia sinais digitais ao Módulo Ponte H, que aciona o servomotor até a posição desejada, estes sinais são enviados através das saídas digitais 5 e 6 do Arduino, conectadas aos pinos RPWM e LPWM, respectivamente, do Módulo Ponte H.

Para enviar a corrente ao servomotor, o Módulo Ponte H recebe a energia direto da bateria pelos pinos B+ e B-, e energiza o servomotor através dos pinos M+ e M-.

Figura 20 - Ilustração das ligações elétricas do sistema.



Fonte: Autoria Própria

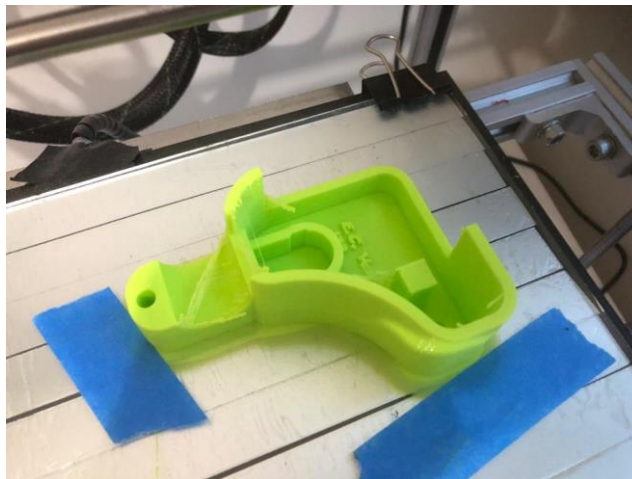
### 3.2 FABRICAÇÃO

Neste capítulo será abordada toda a parte de fabricação dos componentes via manufatura aditiva.

### 3.2.1 FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES

O manicoto é a peça que fixa o manete de embreagem ao guidão, este componente é fabricado por impressão 3D, como ilustrado na Figura 21, alocando o manete, potenciômetro e o suporte para a mola de atuação simples, representado na Figura 22.

Figura 21 - Parte inferior do manicoto após a impressão.



Fonte: Autoria própria

A parte inferior do manicoto após a montagem está representada na Figura 22, nele o manete é fixo ao eixo do potenciômetro e a mola de retorno.

Figura 22 - Parte inferior do manicoto após a montagem.



Fonte: Autoria Própria

Para fixar o potenciômetro de realimentação de posição ao servomotor, fabricou-se por manufatura aditiva o suporte conforme Figura 23 e 24, o suporte superior está representado na Figura 25.

Figura 23 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

Figura 24 - Suporte inferior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

Figura 25 - Suporte superior do potenciômetro de realimentação de posição do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

### 3.3 FABRICAÇÃO DA PARTE ELÉTRICA

Este capítulo trata da parte de fabricação e adaptação necessária dos componentes eletrônicos para o funcionamento do produto.

#### 3.3.1 DEFINIÇÃO DO SERVOMOTOR

O servomotor deve atender o torque mínimo de acionamento da embreagem, se possível um sobredimensionamento é necessário pois tal componente trabalha repetitivamente, ou seja, um servomotor mais forte que o necessário foi escolhido afim de evitar possível desgaste prematuro, e falha no sistema. Outro requisito que o servomotor deve atender é trabalhar a tensão de 12 Volts, assim conecta-se a bateria da motocicleta sem necessidade de fonte externa.

Utilizou-se um motor de limpador de parabrisas veicular para atuar como servomotor, conforme a figura 26.

Figura 26 - Motor de limpador de parabrisas veicular.



Fonte: Autoria Própria

O motor escolhido possui torque aproximado de 100 Ncm e trabalha a tensão de 12 Volts, aliado a seu baixo custo e facilidade de aquisição, se tratando de um componente veicular.

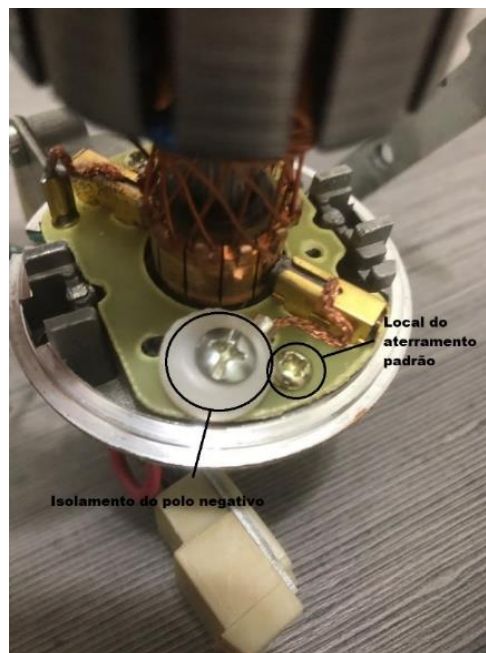
### 3.3.2 ADAPTAÇÃO DE UM MOTOR PARA SERVOMOTOR

Originalmente este tipo de motor trabalha apenas com um sentido de rotação, e aciona um mecanismo de 4 barras ligado ao limpador de parabrisas do veículo, assim uma adaptação se torna necessária. Um servomotor deve rotacionar tanto no sentido horário quanto no anti-horário, conforme comando realizado pelo usuário, se tratando de um motor elétrico de corrente contínua, para inverter sua rotação deve-se inverter seus polos.

Em sua utilização original, o polo negativo é a carcaça do motor, que ao ser aparafusado na estrutura do veículo é aterrado junto ao polo negativo da bateria, assim uma adaptação se torna necessária, a conexão negativa do motor deve ser isolada de sua carcaça e conectada apenas a um fio. Assim o motor passa a rotacionar para ambos os lados, ao ligar a corrente em um sentido o motor terá uma rotação, e ao inverter a ligação terá o sentido contrário.

Na Figura 27 mostra-se o local de aterramento padrão da carcaça, o polo negativo do motor foi retirado de tal lugar e então emendado a um fio mais longo, conforme mostrado na Figura 28, a emenda foi aparafusada ao lado do local original, utilizou-se um parafuso curto para que não encoste em nenhum local da carcaça, uma arruela plástica serviu para pressionar a emenda contra o novo local de fixação.

Figura 27 - Adaptação feita ao motor.

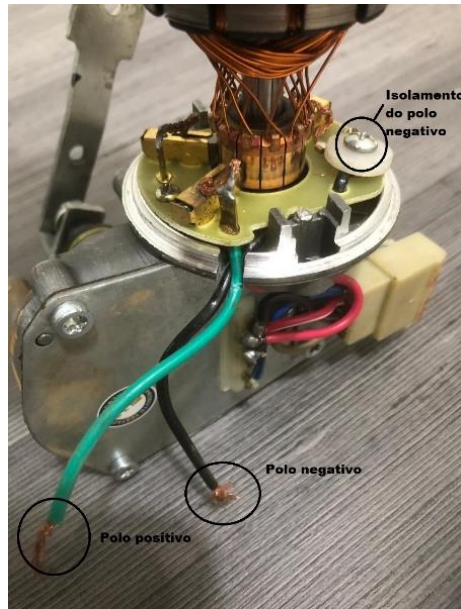


Fonte: Autoria Própria



A Figura 28 ilustra os polos positivo e negativo após a adaptação, o fio verde representa o polo positivo enquanto o fio preto representa o polo negativo do motor.

Figura 28 - Polos positivo e negativo do motor após a adaptação.



Fonte: Autoria Própria

Para o início da instalação do potenciômetro de realimentação de posição, foi feito um furo passante pela tampa traseira do motor com uma furadeira de bancada, conforme mostrado na Figura 29.

Figura 29 - Furo passante sendo realizado na tampa traseira da carcaça do motor.



Fonte: Autoria Própria

Para conectar o parafuso do eixo do motor ao potenciômetro, utilizou-se uma mangueira pneumática. Para que seu encaixe seja preciso, usinou-se a cabeça do parafuso, ilustrado na Figura 30 até que a mangueira o revestisse com alta interferência, ilustrado na Figura 33.

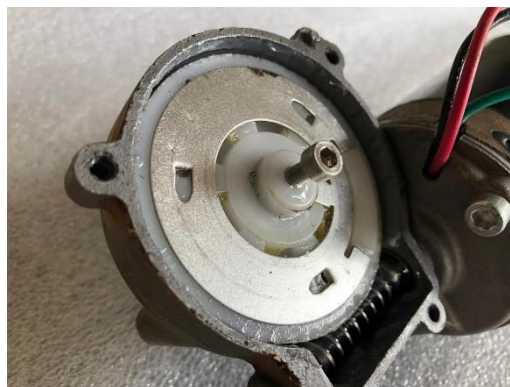
Figura 30 - Torneamento sendo realizado na cabeça do parafuso.



Fonte: Autoria Própria

Como ilustra a Figura 31, a engrenagem de acionamento do eixo foi perfurada e então inseriu-se o parafuso na mesma, cola instantânea foi aplicada para diminuir o risco de afrouxamento do parafuso.

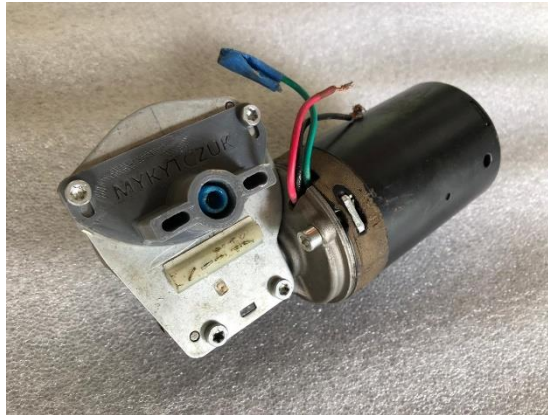
Figura 31 - Parafuso preso a parte traseira da engrenagem do motor.



Fonte: Autoria Própria

O local de instalação do suporte inferior do potenciômetro está representado na Figura 32, o mesmo é aparafusado a furação original da carcaça do motor.

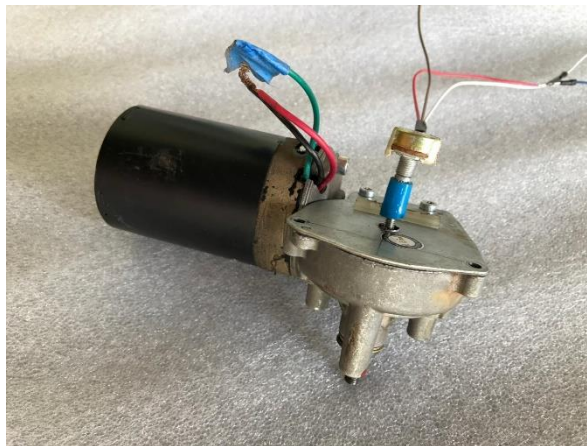
Figura 32 - Suporte superior aparafusado na furação original da carcaça do motor.



Fonte: Autorial Própria

A Figura 33, ilustra como o potenciômetro é conectado ao parafuso, uma mangueira pneumática comum é utilizada, entrando com interferência em ambos os componentes para um bom acoplamento entre eles.

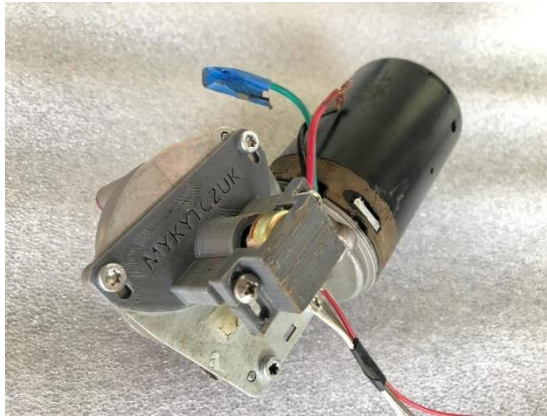
Figura 33 - Representação da conexão entre o potenciômetro e o parafuso.



Fonte: Autorial Própria

Após a montagem dos suportes e acoplamento dos componentes, como representado na Figura 34.

Figura 34 - Montagem final do servomotor.



Fonte: Autoria Própria

Sendo assim, o servomotor está pronto para ser utilizado no projeto do sistema de acionamento eletrônico de embreagem.

### 3.3.3 COMANDO DO SERVOMOTOR VIA ARDUINO

Para o comando do servomotor via Arduino, utiliza-se um Módulo Ponte H BTS 7960. O Arduino possui a uma tensão de saída de 5 Volts enquanto o servomotor necessita uma tensão de 12 Volts, este módulo tem a finalidade de conectar separadamente estes dois componentes, possuindo uma entrada 12 Volts da fonte, e saída para o servomotor também de 12 Volts, qual é comandada por sinais de 5 Volts recebidos do Arduino.

Outra adaptação necessária é a instalação de um sensor de posicionamento do servomotor, conforme as Figuras 33 e 34. Ou seja, para que o arduino consiga emitir a posição desejada ao servomotor ele deve saber onde está inicialmente o eixo deste mesmo, então um segundo potenciômetro é utilizado como sensor de posição. Este está fixo a carcaça do servomotor e preso a seu eixo, fornecendo a todo momento a posição atual ao Arduino, qual processa o sinal e devolve ao servomotor sua nova posição.

### 3.3.4 FIXAÇÃO DO SERVOMOTOR NA MOTOCICLETA

Um suporte, conforme mostrado na Figura 35, foi fabricado para a fixação do servomotor ao quadro da motocicleta, iniciou-se furando uma arroela de grande porte nas medidas dos furos do próprio servomotor, então duas chapas de aço foram soldadas de modo que uma delas (furada) seja aparafusada no suporte original do motor da motocicleta, ilustrado na Figura 36.

Figura 35 - Suporte de fixação do servomotor ao quadro da motocicleta.



Fonte: Autorial Própria

Como acabamento e proteção superficial o suporte passou por lixamento e pintura, conforme ilustrado na Figura 36 .

Figura 36 - Suporte instalado no quadro da motocicleta.



Fonte: Autorial Própria

A Figura 37, ilustra o servomotor aparafusado ao suporte por três parafusos.

Figura 37 - Fixação do motor ao suporte de fixação.



Fonte: Autorial Própria

O recorte feito na lateral direita da arruela possibilita a desmontagem do servomotor sem a necessidade de retirar todo o suporte preso ao quadro da motocicleta, assim após retirar os três parafusos, o servomotor é retirado deslocando o mesmo para o lado direito de quem o olha frontalmente, facilitando assim a desmontagem e manutenção do sistema.

### 3.3.5 BASE DE FIXAÇÃO DOS COMPONENTES

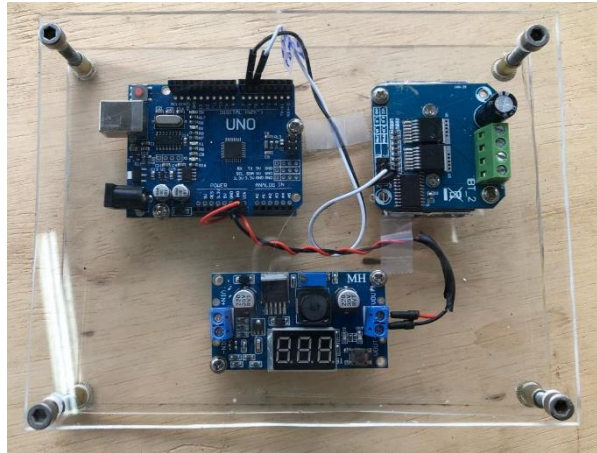
Fabricou-se uma base em acrílico para a fixação dos componentes, conforme ilustra as Figuras 38 e 39, tanto para melhor organização da fiação, quanto para facilitar sua fixação a motocicleta, afim de evitar a desconexão de fios com a vibração gerada pelo motor da motocicleta.

Figura 38 - Base de fixação dos componentes.



Fonte: Autorial Própria

Figura 39 - Caixa de fixação dos componentes.



Fonte: Autoria Própria

A caixa de fixação dos componentes deve ser parafusada após a conexão de todos os fios do sistema, então aperta-se os parafusos das quatro extremidades, conforme ilustrado posteriormente na Figura 48.

### 3.3.6 CHICOTE ELÉTRICO

Para que a afiação do projeto se torne mais compacta e conceda ao produto um visual mais caprichoso e elaborado, montou-se um chicote elétrico, os fios foram soldados aos terminais e então toda fiação foi revestida com material tubo termoretrátil<sup>6</sup>.

## 3.4 CALIBRAÇÃO

O estágio final do projeto é a calibração do sistema, tanto nos componentes físicos quanto em sua programação. A calibração física ocorre principalmente no ajuste dos potenciômetros, no cabo de aço de acionamento, este que necessariamente deve estar esticado, e na haste do servomotor, que deve ser posicionada com o cabo de aço esticado.

---

<sup>6</sup> Tubo termoretrátil – Tubo plástico termoencolhível utilizado para isolar fios.

Os potenciômetros devem sempre estar trabalhando na mesma posição inicial, estimou-se a metade do curso total dos mesmos e então instalou-se na motocicleta.

Via programação do Arduino, consegue-se calibrar a posição inicial da haste do servomotor, assim como a sua potência de acionamento, conforme apresentado no Anexo 1.

### 3.5 TESTE

Os primeiros testes foram realizados dentro da oficina da Universidade enquanto calibrava-se o sistema, conforme ilustra a Figura 40, tanto ajustes físicos quanto na programação do Arduino, assim que o sistema se tornou confiável para um teste prático, levou-se a motocicleta ao estacionamento da universidade para teste em campo, sendo possível a pilotagem da motocicleta com o novo sistema de acionamento de embreagem sem dificuldades ao piloto.

Figura 40 - Teste sendo realizado na oficina da Universidade.



Fonte: Autoria Própria



A Figura 41 ilustra o primeiro teste de pilotagem da motocicleta com o novo sistema de acionamento eletrônico da embreagem.

Figura 41 - Teste sendo realizado no estacionamento da universidade.



Fonte: Autoria Própria

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos com o presente projeto, o primeiro tópico abordará o acionamento do sistema de embreagem, seguido pela apresentação do sistema após a instalação na motocicleta, então a programação do Arduino e os custos aproximados para a prototipagem do produto.

### 4.1 ACIONAMENTO DA EMBREAGEM

Os resultados obtidos com o projeto foram satisfatórios, de forma que o objetivo geral e todos os objetivos específicos foram alcançados. A força exercida ao manete de embreagem para embrear a motocicleta foi reduzida com a aplicação do sistema de acionamento eletrônico.

A força necessária para acionar o manete da motocicleta é totalmente ajustável, e pode ser tão leve quanto o usuário necessite, pois atualmente utiliza-se uma mola de atuação simples para retornar o manete a posição original, assim quanto mais robusta for a mola utilizada, mais pesado se tornará o acionamento.

Porém o resultado final não se limita apenas ao acionamento da embreagem, mas também de todo o processo metodológico de fabricação do produto abordado ao longo deste trabalho, desde o desenvolvimento dos componentes em CAD, sua fabricação via impressão 3D, a conversão do motor de limpador de parabrisas veicular para funcionar como um servomotor, ao desenvolvimento de todo o sistema elétrico envolvido, sua programação, a instalação na motocicleta e por fim a calibração de todo o sistema.

A Figura 42 apresenta o sistema em repouso, enquanto na Figura 43 consegue-se perceber o servomotor acionando totalmente a embreagem.

Figura 42 - Sistema em repouso, embreagem desacionada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 43 - Sistema acionado, motocicleta embreada.



Fonte: Autorial Própria

Como pode ser visto na Figura 44, com a aplicação do sistema eletrônico de acionamento, o manete de embreagem pode ser acionado com apenas um dedo, diferentemente do sistema antigo, qual era necessário transpor a força causada pelas molas de retorno da embreagem, somadas ao atrito do cabo de aço e o desgaste do sistema. Após a instalação do sistema de acionamento eletrônico a única força que o usuário deve transpor é a resistência causada pela mola, qual é ajustável.

Figura 44 - Manete de embreagem sendo acionado com apenas um dedo.



Fonte: Autorial Própria

## 4.2 APARÊNCIA FINAL DO PRODUTO

A aparência final do produto ficou agradável, melhorias podem ser feitas em projetos futuros, considerando que este é o primeiro protótipo todos os componentes cumpriram sua função satisfatoriamente. A Figura 45 ilustra a parte esquerda do guidão da motocicleta, onde ficam localizados o manicoto, manete e o botão interruptor do sistema, o manete de embreagem ficou com ergonomia satisfatória e o interruptor em posição estratégica, para o caso de ocorrer algum problema não desejado, o piloto pode rapidamente desligar todo o sistema pressionando o interruptor para cima.

Figura 45 - Manete de embreagem e interruptor geral.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 46 ilustra a visão do piloto ao sentar-se na motocicleta, ao lado esquerdo pode ser visto o manete, manicoto e o interruptor, enquanto a caixa de componentes se localiza entre o guidão e o farol da motocicleta.

Figura 46 - Visão do piloto para os comandos do sistema.



Fonte: Autoria Própria

Em seu exterior, a maior alteração visual é a instalação do servomotor próximo ao quadro da motocicleta, conforme ilustrado na Figura 47, alocado especificamente nesta posição com o intuito de deixar o sistema com a menor resistência possível, de modo que a haste do servomotor e o acionador da embreagem fiquem em mesma linha, visando o menor atrito e maior eficiência de acionamento.

Figura 47 - Aparência da motocicleta com o sistema.



Fonte: Autoria Própria

A caixa de componentes pode ser vista instalada na motocicleta nas Figuras 48 e 49, foi montada de modo que os cabos não se desconectem com a vibração gerada tanto pelo motor da motocicleta, quanto pela superfície de rodagem, então prensou-se os componentes elétricos com ambas as placas e prendeu-se os fios com abraçadeiras de nylon afim de evitar possíveis desconexões.

Figura 48 - Sistema elétrico instalado na motocicleta.



Fonte: Autoria Própria

A base de fixação dos componentes, mostrado na Figura 48, fixada entre o guidão e o farol da motocicleta pode ser realocada a outros locais da motocicleta, como abaixo do assento do piloto, para isso deve ser feita uma base mais enxuta e robusta, assim como o alongamento dos fios utilizados no sistema, fazendo com que os componentes eletrônicos fiquem escondidos e não interfiram na aparência da motocicleta.

Figura 49 - Local da base de fixação dos componentes.



Fonte: Autoria Própria

Para melhor entendimento, a Figura 50 mostra o posicionamento dos componentes do Sistema de acionamento eletrônico da embreagem na motocicleta Honda CRF 230F.

Figura 50 - Posicionamento dos componentes na motocicleta Honda CRF230F.



Fonte: Adaptado de moto-pecas-honda.com

### 4.3 PROGRAMAÇÃO

A programação, localizada no Anexo 1, teve de ser alterada diversas vezes ao longo do projeto, inicialmente programou-se o servomotor via arduino apenas para seguir a posição desejada pelo manete de embreagem. Ao instalar o sistema na motocicleta percebeu-se que acionando a embreagem, o braço do servomotor não resistia a força de retorno causada pelas molas do sistema de embreagem da motocicleta, assim a embreagem era acionada apenas por um curto período de tempo e então retornava ao seu estado inicial, não sendo possível manter a embreagem acionada constantemente. A solução encontrada foi manter o servomotor ao limite máximo de acionamento da embreagem quando o manete estiver totalmente acionado, ou seja, enquanto o manete está totalmente acionado, o servomotor deixa de obedecer ao manete e fica ativado, até que o manete seja solto. Quando o manete está totalmente solto, via programação o servomotor se mantém desligado, evitando consumo desnecessário.

### 4.4 CUSTOS DE FABRICAÇÃO

O custo estimado de fabricação do primeiro protótipo foi de R\$405,00, especificando o custo de cada componente na Tabela 1, levou-se em consideração apenas o custo das peças utilizadas e não das horas de trabalho investidas no projeto.

Tabela 1 - Custo estimado de fabricação do protótipo.

| Componente  | Preço      |
|---|------------|
| Arduino Uno   | R\$ 35,00  |
| Motor   | R\$ 140,00 |
| Módulo Ponte H  | R\$ 70,00  |
| Regulador de Tensão   | R\$ 30,00  |
| Suporte   | R\$ 50,00  |
| Botão Liga/Desliga  | R\$ 30,00  |
| Peças Impressas   | R\$ 20,00  |
| Outros (fios, potenciômetros, conexões, Termo retrátil, etc...) | R\$ 30,00  |

**Total**

**R\$ 405,00**

Fonte: Aatoria Própria

## 5. CONCLUSÃO

É viável a continuação do estudo e da melhoria contínua do presente trabalho, provou-se a funcionalidade do projeto reduzindo a força de acionamento da embreagem em uma motocicleta CRF230F da marca Honda. Focou-se principalmente na funcionalidade do projeto e na validação da idéia, devido a tratar-se do primeiro protótipo, a parte estética não foi profundamente elaborada, permitindo vários pontos de melhoria e remanejamento de componentes em trabalhos futuros.

É possível a utilização do sistema de acionamento eletrônico da embreagem em uma motocicleta como produto final, para utilização dentro e fora de estrada, desde que um sistema mais robusto seja desenvolvido, com suportes que protejam o sistema de possíveis eventualidades, como umidade, chuva, sujeira, altas temperaturas e queda da motocicleta.

Além das possibilidades de utilização do produto citadas anteriormente, há também a possibilidade da aplicação deste trabalho focando na acessibilidade. Pessoas que por algum motivo, como por exemplo uma deficiência, não conseguem utilizar a embreagem da forma convencional ou então não tem força suficiente para acionar o manete original de sua motocicleta, retirando o manete e acionando por um botão, o presente trabalho torna-se uma nova opção a estas pessoas.



## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Então, com o cumprimento das propostas estabelecidas no início do trabalho, diversas possibilidades de trabalhos futuros foram geradas, alguns dos quais citados em seguida.

- Desenvolver um Sistema de acionamento eletrônico de embreagem mais robusto, com suportes que protejam o motor e todo Sistema elétrico de contaminações, tornando um produto mais seguro, eficiente e durável, permitindo assim sua utilização dentro e fora de estrada pelos usuários.
- Automatização das trocas de marchas em uma motocicleta via sistema eletrônico, trabalhando em paralelo com o presente trabalho.
- Desenvolvimento de um sensor de queda voltado a competição, qual acionará a embreagem afim de evitar que o motor da motocicleta se desligue em caso de queda.
- Desenvolvimento de um controle de largada voltado a competição motociclística, onde programa-se o sistema para gradativamente desembrear a motocicleta, padronizando esta ação e tornando-a mais efetiva.
- Fabricação de um Sistema bypass, onde o sistema eletrônico trabalha em paralelo com o sistema a cabo, para caso de falta de energia.
- Desenvolvimento do FMEA de Produto.
- Desenvolver suportes e adaptações para instalação em outras motocicletas.
- Pesquisar sobre a possibilidade de certificação do produto em relação ao Inmetro e Detran.
- Comparar o desempenho do Sistema elétrico versus o Sistema convencional.

## 6.REFERÊNCIAS

- [1] IBPT - Empresômetro. Real frota circulante no brasil é de 65,8 milhões de veículos indica estudo. **IBPT**, 2018. Disponível em: <<https://ibpt.com.br/noticia/2640/real-frota-circulante-no-brasil-e-de-65-8-milhoes-de-veiculos-indica-estudo>>. Acesso em: 03 set. 2019.
- [2] BRITO , D. - Empresômetro. Número de motos é maior que o de carros em 45% das cidades. **EBC**, 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-07/numero-de-motos-e-maior-que-o-de-carros-em-45-das-cidades>>. Acesso em: 31 ago. 2019.
- [3] COLLINS, J.A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. ISBN 978-85-216-1475-3.
- [4] NORTON, R.L. **Projeto de Máquinas**. 4. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2011. ISBN 978-01-361-2370-5.
- [5] JUVINALL, R.C.; MARSHEK, K.M. **Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. ISBN 978-85-216-1578-1.
- [6] BUDYNAS, R.G.; NISBETT, J.K. **Elementos de Máquinas de Shigley**: Projeto de Engenharia Mecânica. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2001. ISBN 978-007-125763-3.
- [7] RAUT G.; MANJARE, A.; BHASKAR P. Analysis of Multidisc Clutch Using FEA. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, v.6, n.1, 2013.
- [8] Conrad, Megan. (2015). **Evaluation of Forearm Muscle Fatigue from Operating a Motorcycle Clutch**. Journal of Ergonomics. s4. 10.4172/2165-7556.S4-006.
- [9] CABLE CLUTCH VS. HYDRAULIC CLUTCH – WHAT’S THE DIFFERENCE? Motorcyclist Magazine. 2018. Disponível em <<https://youtu.be/eJRDUvZH5Iw>>. Acesso em 29 set. 2019.
- [10] AUTODESK. **O que é impressão 3D?** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-printing>>. Acesso em 10 set 2019.
- [11] ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em:<<https://www.arduino.cc/en/guide/introduction#>>. Acesso em 07 set 2019.
- [12] UFRGS. **O que são potenciômetros?** Disponível em<<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Potenciometro.html>>. Acesso em 07 set 2019.
- [13] TODD, C.D. **The Potentiometer Handbook**. 3. ed. MCGRAW-HILL, 2013. Versão online, acesso em 07/09/2019.
- [14] KALATEC AUTOMAÇÃO. **Servo motor**. Disponível em: <<https://www.kalatec.com.br/lp/servo-motor>>. Acesso em 10 set 2019.

[15] SMART PROJECT. **Módulo Driver Ponte H**. Disponível em: <[https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-driver-ponte-h-43a-bts7960-ibt\\_2](https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-driver-ponte-h-43a-bts7960-ibt_2)>. Acesso em 21 nov 2019.

[16] AUTOCORE ROBÓTICA. **Módulo Regulador de Tensão LM2596**. Disponível em: <<https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-regulador-de-tensao-lm2596-com-display>>. Acesso em 21 nov 2019.

## 7. ANEXO I

```

#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>

//variáveis
short int valRead = 0;
short int motorPWM = 255; //Potência do motor (0-255)

//constantes
const int wireMT_1 = 5; //Fio 1 para Ponte H
const int wireMT_2 = 6; //Fio 2 para Ponte H
const int potMT = A5; //Potenciômetro de Realimentação de posição do Motor
const int potIn = A3; //Potenciômetro do Manete
const int minPot = 270; //Ajuste inicial do Motor (0-1023)
const int maxPot = 1023; //Ajuste final do Motor (0-1023)
const int maxValIn = 1023; //Máximo valor do potenciômetro do manete

//setup
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode (wireMT_1, OUTPUT); //Fio para Ponte H
  pinMode (wireMT_2, OUTPUT); //Fio para Ponte H
  pinMode (potMT, INPUT); //Potenciômetro do Motor
  pinMode (potIn, INPUT); //Potenciômetro do Manete
  digitalWrite (wireMT_1, LOW);
  digitalWrite (wireMT_2, LOW);
}
//Função para ativar o motor
void runMotor(int valTarget) {

  if(valTarget > 820) //Se o potenciômetro do manete maior que 820, acionamento total a embreagem
  {
    analogWrite (wireMT_1, motorPWM);
    analogWrite (wireMT_2, 0);
  }
}

```

```

else if (valTarget < 725){ // Se menor que 725 desliga o motor

analogWrite (wireMT_1, 0);
analogWrite (wireMT_2, 0);

}
else{ // Ou então trabalha normalmente

while (valRead <= valTarget) {
valRead = (((float)analogRead(potMT) - minPot) / (maxPot - minPot)) * maxValIn;
//Liga o Motor
analogWrite (wireMT_1, motorPWM);
analogWrite (wireMT_2, 0);
}
analogWrite (wireMT_1, 0); //Desliga o Motor

while (valRead >= valTarget) {
valRead = (((float)analogRead(potMT) - minPot) / (maxPot - minPot)) * maxValIn;
//Função para ativar o motor

analogWrite (wireMT_2, motorPWM);
analogWrite (wireMT_1, 0);
}
analogWrite (wireMT_2, 0); //Desliga o Motor
}
}
//loop
void loop() {
int val = analogRead(potIn); //Lê o potenciômetro do Manete

Serial.print("Potin ");
Serial.print(1023 - val); // Plota valor da posição do motor
Serial.print(" ");
Serial.println(valRead); // Plote valor da posição do manete
runMotor(1023-val); //Direciona o motor para o valor alvo
}

```